

# Goethes Farbenlehre im Kontext einer zeitgemäßen Didaktik für Schule und Erwachsenenbildung

Wolfgang Resch

20. Februar 2009



## Licht und Finsternis

*3 Und Gott sprach: Es werde Licht!*

*Und es ward Licht.*

*4 Und Gott sah, dass das Licht gut war.*

*Da schied Gott das Licht von der Finsternis*

*5 und nannte das Licht*

*Tag und die Finsternis Nacht.*

*Da ward aus Abend und Morgen der erste Tag.*

Genesis, Erstes Buch

## **Danksagung**

Für die Möglichkeit diese Arbeit zu verfassen möchte ich meinem Diplomarbeitsbetreuer Herrn Univ.-Prof. Dr. Romano A. Rupp sehr herzlich danken. Er hat mir ermöglicht viele neue Ideen zum Thema Farbe aus den unterschiedlichsten Fachdisziplinen darzustellen und in die Arbeit zu integrieren.

Weiters möchte ich Frau Dr. Bettina Mattig-Krampe recht herzlich danken. Als Geisteswissenschaftlerin brachte sie viele Anregungen, welche ich in diese Arbeit aufnehmen konnte.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Entwicklungsansätze für ein zeitgemäßes Bildungswesen</b>	<b>13</b>
2.1	Kern und Schale . . . . .	13
2.2	Kunst und Wissenschaft . . . . .	16
2.3	Verbindungen als Motivation . . . . .	18
<b>3</b>	<b>Goethe als Naturforscher</b>	<b>19</b>
3.1	Goethes Arbeitsbereiche in der Naturforschung . . . . .	19
3.2	Die Unterteilung des Farbenbegriffes . . . . .	19
3.3	Die Methode . . . . .	20
3.4	Das Aperçu . . . . .	21
<b>4</b>	<b>Aufbau und Entwicklung der Farbenlehre</b>	<b>23</b>
4.1	Didaktischer, polemischer und historischer Teil . . . . .	23
4.2	Vorarbeiten . . . . .	26
4.3	Ergänzungen . . . . .	28
<b>5</b>	<b>Farben</b>	<b>29</b>
5.1	Farbbegriffe in der Farbenlehre . . . . .	29
5.2	Allgemeine Farbbegriffe . . . . .	32
<b>6</b>	<b>Die Tafeln zur Farbenlehre</b>	<b>37</b>
6.1	Einige Tafeln . . . . .	37
6.2	Skizzen . . . . .	47
6.3	Karten . . . . .	47
<b>7</b>	<b>Der Farbenkreis und andere Darstellungen</b>	<b>49</b>
7.1	Entwicklung von Farbmodellen . . . . .	49
7.2	Darstellungen von Farbsystemen in der Ebene . . . . .	50
7.3	Darstellungen von Farbsystemen im Raum . . . . .	59
7.4	Goethes Farbenkreis . . . . .	63
7.5	Der Fächerfarbkreis . . . . .	67
<b>8</b>	<b>Physik</b>	<b>71</b>
8.1	Experimentelles Arbeiten . . . . .	71
8.2	Versuche zu schwarzen, weißen und grauen Bildern . . . . .	73

## Inhaltsverzeichnis

8.3	Versuche zu farbigen Bildern . . . . .	76
8.4	Versuche mit Schatten . . . . .	78
8.5	Farbigen Erscheinungen mit farblosen Lichtquellen . . . . .	80
8.6	Trübe Mittel . . . . .	80
8.7	Prismatische Farben . . . . .	81
<b>9</b>	<b>Philosophie</b>	<b>85</b>
9.1	Das Verhältnis zur Philosophie . . . . .	85
9.2	Das Urphänomen . . . . .	86
<b>10</b>	<b>Psychologie</b>	<b>87</b>
10.1	Farben beeinflussen unser Befinden . . . . .	87
10.2	Wirkungen der einzelnen Farben . . . . .	88
10.3	Goethes Farbzusammenstellungen . . . . .	90
10.4	Wirkung von Farbkombinationen . . . . .	92
10.5	Die Verwendung der Farben in den neuen Medien . . . . .	95
10.6	Farbenhören und Tönesehen . . . . .	96
10.7	Stroop-Effekt . . . . .	101
10.8	Farbtherapie als ergänzende Heilmethode . . . . .	103
<b>11</b>	<b>Biologie und Medizin</b>	<b>105</b>
11.1	Aufbau des Sehorgans . . . . .	105
11.2	Die Farbwahrnehmung . . . . .	112
11.3	Das krankhafte Auge und die Farbblindheit . . . . .	114
11.4	Beobachtungen und Skizzen von Pflanzen . . . . .	117
11.5	Wirkung farbiger Beleuchtung auf Pflanzen . . . . .	117
11.6	Wirkung farbiger Beleuchtung auf den Puls-Atem-Quotienten . . . . .	119
11.7	Photodynamische Therapie . . . . .	120
<b>12</b>	<b>Chemie</b>	<b>125</b>
12.1	Chemie in der Farbenlehre . . . . .	125
12.2	Das Auftreten der chemischen Farben in der Natur . . . . .	125
12.3	Die Entwicklung der Chemie und des Periodensystems . . . . .	126
<b>13</b>	<b>Bildnerische Kunst</b>	<b>131</b>
13.1	Bildnerische Erziehung . . . . .	131
13.2	Die Zeichentechniken . . . . .	132
13.3	Darstellungen zu Hell und Dunkel . . . . .	133
13.4	Darstellungen mit Farbe . . . . .	136
<b>14</b>	<b>Literatur und Kommunikation</b>	<b>143</b>
14.1	Sprache in der Farbenlehre . . . . .	143
14.2	Verse und Gedichte . . . . .	144
14.3	Naturforschung und Faust . . . . .	146
14.4	Zeichnungen zu Faust . . . . .	147

<b>15 Musik</b>	<b>149</b>
15.1 Vergleich zur Tonlehre . . . . .	149
15.2 Graphische Darstellungen von Tönen . . . . .	150
15.3 Goethe trifft Beethoven . . . . .	154
<b>16 Anhang</b>	<b>157</b>
16.1 Teilnahme an der „International Scientific Internet Conference“ . . . . .	157
16.2 Kurzzusammenfassung . . . . .	161
16.3 Lebenslauf . . . . .	162

## *Inhaltsverzeichnis*



# 1 Einleitung

*Das Ohr ist stumm, der Mund ist taub;  
aber das Auge vernimmt und spricht.  
In ihm spiegelt sich von außen die Welt,  
von Innen der Mensch.  
Die Totalität des Inneren und des Äußern  
wird durchs Auge vollendet.*  
Paralipomena zur Farbenlehre, WA II, 5.2, S. 12

Goethes Farbenlehre ist ein Beitrag zur grundlegenden Erforschung des Farbempfindens. In diesem Werk empfiehlt Goethe die intensive Auseinandersetzung mit den Naturerscheinungen Licht und Farbe.

Mit meiner Arbeit biete ich eine besondere Möglichkeit, das interdisziplinäre Interesse in Bildung und Forschung durch die Aufnahme der Farbenlehre in den Unterricht zu verwirklichen. Der interdisziplinäre Denkansatz Goethes sollte in der heutigen, hochspezialisierten Wissenschaft und im eng fachorientierten Unterrichtsgeschehen vorbildhaft sein. Goethes ganzheitlicher Ansatz wird bis heute in vielen Disziplinen geschätzt. Gleichzeitig fällt es der modernen Wissenschaft schwer, genau diese grenzüberschreitenden Betrachtungen durchzuführen. Mangelnde Kompetenz, unterschiedliche Methoden und fehlende Erfahrung sind die Hauptargumente die vorgebracht werden, um einer interdisziplinären Wissenschaft oder eines fächerübergreifenden Unterrichts auszuweichen.

Seit ca. 15 Jahren setzt ein Umdenkprozess ein und immer häufiger werden Beiträge zu einem Thema aus verschiedenen Disziplinen zusammengetragen. Die vorliegende Arbeit soll einen kleinen Beitrag zu dieser Tendenz leisten.

Neben dem Vernetzen und Verbinden unterschiedlicher Fachdisziplinen, wird auch die Kunst als Verbindungsmethode aufgezeigt. Die Farbenlehre eignet sich vorzüglich, physikalische Experimente selbständig durchzuführen. Dazu werden einige Versuchsdurchführungen beschrieben, welche mit einfachen Mitteln nachgestellt werden können.

Diese Arbeit zeigt neben verschiedenen Beobachtungs- und Darstellungsmöglichkeiten von Vorgängen in der Natur, auch die Möglichkeit einer Weiterentwicklung der Wissen-

## 1 Einleitung

schaften. Goethes Farbenlehre bietet unzählige Verbindungsmöglichkeiten in den verschiedensten Richtungen der Wissenschaft.

Das im Jahr 1810 erschienene Hauptwerk „Die Farbenlehre“ gliedert sich in einen didaktischen, polemischen und historischen Teil. Goethe hat in den drei Vorstudien „Beiträge zur Optik“ (1791/1792), „Versuch, die Elemente der Farbenlehre zu entdecken“ (1792) und „Von den farbigen Schatten“ (1792) seine Versuche, Erfahrungen und Erkenntnisse niedergeschrieben. [5]

In den Jahren 1813, 1817 und 1820 ergänzte Goethe seine Farbenlehre um die entoptischen Farben.

Das Phänomen Licht und Farbe hat seit jeher die Menschheit beschäftigt. Licht und Finsternis galten als der Ursprung für viele Mythen über die Entstehungsgeschichten der Welt. In vielen Kulturkreisen werden diese Phänomene einem religiösen Ursprung zugeschrieben. Verschiedene Gottheiten bringen die Licht- und Farberscheinungen hervor. Sol-Mithras gilt in der Antike als Gründer des Lichtes und herrscht über die Ordnung im Raum und in der Zeit. [16]

Das rege Interesse von Licht und Finsternis bringt neue Erkenntnisse. Neben der Sonne als größte natürliche Lichtquelle wird auch die kontrollierte Nutzung des Feuers für den Einsatz als Beleuchtung verwendet. In der weiteren Entwicklung führen künstliche Lichtquellen zur Entstehung von unterschiedlichem Licht. So kann nicht nur ein sonnenähnliches, weißes Licht sondern auch farbiges Licht hergestellt werden.

Licht und Farbe wird unter anderem in Malerei, Architektur und im Gesundheitswesen eingesetzt.

Schon als Kind erhält Goethe Zeichenunterricht, woraus sich seine Leidenschaft für bildnerische Kunst entwickelt. Goethe zeichnet Porträts und Darstellungen von Landschaften. Neben der Herstellung von Aquarellen und Zeichnungen, lässt er sich auch in die Kunst der Radiertechnik einführen. Bei dieser Tätigkeit erkennt Goethe die unterschiedliche Wirkung von Farbe auf den Menschen. Er tritt mit vielen Künstlern seiner Zeit in Kontakt. Darunter der Maler Philipp Otto Runge (1777-1810), der ebenfalls an einer Theorie der Farbe arbeitet und dazu im Jahr 1810 sein Buch mit dem Titel „Farben-Kugel“ veröffentlicht. [28]

Weiters beschäftigt sich Goethe auch mit Architektur; so fertigt er Skizzen zu Faust an, welche als Grundlage für die Raumgestaltung und für die Bühnenbilder dienen. Durch seine künstlerischen Tätigkeiten wird sein Blick und seine Fähigkeit zu beobachten geschult, wodurch seine Vorstellungen von der Erscheinungswelt erweitert werden. Diese Fähigkeit trägt wesentlich zu seinem naturwissenschaftlichen Interesse und seiner Tätigkeit als Naturforscher bei.

Goethe erkennt den Zusammenhang zwischen Farben und ihren Einfluss auf das persönliche Empfinden. Diese Erkenntnis macht sich auch die heutige Psychologie zunutze. Dies zeigt sich darin, dass Farbttests, Farbtherapien und Farbberatungen entwickelt werden.

Farben beeinflussen Gefühle. Von der Tatsache, dass bestimmte Farben mit bestimmten Eigenschaften assoziiert werden, profitiert auch die Werbung, indem sie bewusst Farben einsetzt, um das Verhalten der Konsumenten zu beeinflussen.

Eben diese Phänomene gilt es empirisch zu erfassen. Goethe erklärt in seinem Aufsatz „Erfahrung und Wissenschaft“, dass der Naturforscher das Bestimmte der Erscheinungen zu fassen und festzuhalten sucht. Die Phänomene werden jedoch nicht nur beschrieben wie sie erscheinen, sondern auch wie sie erscheinen sollen. Der Beobachter sieht nie das reine Phänomen, da die Erscheinung auch vom Zustand des Auges abhängt. Es ist ein Unterschied, ob eine Beobachtung von einem zuvor an Finsternis oder von einem an Licht gewohnten Auge wahrgenommen wird. So müssen die empirischen Gesetze und Erscheinungen auf ihre Übereinstimmung hin untersucht werden und gegebenenfalls neue Bedingungen gesucht werden.

In der Antike begann man bereits eine Theorie über Farben aufzustellen. Die alten Griechen gingen davon aus, dass alle Materie aus den Elementen Feuer, Wasser, Luft und Erde besteht und analog dazu die vier Grundfarben Weiß, Gelb, Rot und Schwarz existieren und als elementar aufgefasst werden. Blau wird als benachbarte Farbe von Schwarz angesehen und die unterschiedlichen Farberscheinungen suchen sie in der Mischung der Elemente. [15]

Goethe hat die griechischen Originaltexte übersetzt und sich intensiv mit den historischen Fakten auseinandergesetzt, wobei Goethe lediglich zwei Versuche anerkannte eine Farbtheorie aufzustellen, nämlich jene von Theophrast (372/287 v.Chr.) und jene des englischen Naturforschers Robert Boyle (1627-1691).

Die Wahl des Titels „Beiträge zur Optik“ seiner Vorarbeiten zur Farbenlehre wählt Goethe jedoch unglücklich. Da die Optik eine abgeschlossene Wissenschaft ist, können seine Zeitgenossen nicht begreifen, wie Goethe ohne Mathematik Beiträge zur Optik bringen oder die Hauptsätze der Newtonschen Optik bezweifeln kann. Ständige Kritik sind die Folge.

Goethes Farbenlehre dient als Wegweiser, um Erfahrungen und Erkenntnisse der Natur zu erlangen. Er fordert den Beobachter auf sich die Natur entweder wirklich gegenwärtig zu machen oder sich diese zumindest lebhaft vorzustellen. Diese Arbeitsmethode sollte auch in ein zeitgemäßes Bildungssystem übernommen werden. Die heutigen Bildungseinrichtungen unterliegen jedoch einem permanenten Stoff- und Zeitdruck, sodass die wesentlichen Lehrinhalte nicht nachhaltig vermittelt werden können. Die Kontrollfunktion der Lehrenden wirkt sich ebenfalls negativ auf ein positives Lernklima aus.

## 1 Einleitung

Lehren und Lernen soll sich nicht nur auf reine Wissensvermittlung beschränken, sondern vielmehr das eigenständige Denken der Schüler fördern und schulen. Zusammenhänge zu erkennen muss ein wichtiges Ziel eines jeden Unterrichts sein. Die Farbenlehre bietet sich nicht nur für den Physikunterricht an, sondern kann auch in den Fächern bildnerische Erziehung, Biologie, Deutsch, Philosophie, Psychologie, Musik und Geschichte eingesetzt werden. Da die Farbenlehre verschiedene Wissensgebiete abdeckt, eignet sie sich besonders für einen fächerübergreifenden Unterricht.

Beim fächerübergreifenden Unterricht wird ein Thema von mehreren Seiten beleuchtet. In einem neuen Ansatz eines fächerverbindenden Unterrichts kann ein Thema als Ausgangspunkt dazu verwendet werden, in die Arbeitsweisen und Aufgabengebiete einer speziellen Wissenschaft einzuweisen. Aus einem Thema kann ein Phänomen zur Betrachtung herangezogen werden. Ein jedes Betrachten geht in ein Beobachten, jedes Beobachten in ein Sinnen, jedes Sinnen in ein Verknüpfen über. Gerade diese Verknüpfungen sind hilfreich für das Erkennen und Lösen neuer Probleme und Aufgabenstellungen.

Die Auseinandersetzung mit Goethes Farbenlehre im Unterricht wäre ein anschaulicher Weg, das gegenseitige Interesse der Natur- und der Geisteswissenschaften darzustellen. Werner Heisenberg betont die Wichtigkeit verschiedener Denkweisen mit den Worten: „Die fruchtbarsten Entwicklungen haben sich überall dort ergeben, wo zwei unterschiedliche Arten des Denkens zusammentrafen.“ Der Versuch die westlichen Wissenschaften und die östlichen Philosophien in Verbindung zu bringen, zeigt Parallelen und Übereinstimmungen zwischen wissenschaftlicher Denkweise und mystischer Erfahrung auf. [1]

Goethes jahrelange Beschäftigung mit dem Phänomen Licht und Farbe mündete schließlich in seiner von ihm als Hauptwerk bezeichnete Arbeit „Zur Farbenlehre“. In diesem Zusammenhang betonte Goethe in einem Gespräch mit Johann Peter Eckermann:

*„Auf alles, was ich als Poet geleistet habe, bilde ich mir gar nichts ein. Es haben treffliche Dichter mit mir gelebt, es lebten noch trefflichere vor mir, und es werden immer ihrer nach mir sein. Dass ich aber in meinem Jahrhundert in der schwierigen Wissenschaft der Farbenlehre der einzige bin, der das Rechte weiß, darauf tue ich mir etwas zu gute, und ich habe daher ein Bewusstsein der Superiorität über viele.“*

Gespr. mit Eckermann, 19. Februar 1829, WA, V, 7, S. 34

## 2 Entwicklungsansätze für ein zeitgemäßes Bildungswesen

### 2.1 Kern und Schale

*„Ein Sachverhalt ist denkbar“ heißt:  
Wir können uns ein Bild von ihm machen.*  
Ludwig Wittgenstein, Tractatus logico-philosophicus, 3.001

Mit dem von mir entworfenen, Modell „Kern und Schale“ möchte ich einerseits die Möglichkeit und Notwendigkeit einer Einteilung eines Sachverhaltes in unterschiedliche Teilbereiche oder Wissensgebiete zeigen. Andererseits soll die Wichtigkeit von Vernetzungen und Verbindungen verschiedener Unterteilungen dargestellt werden.

Das Modell verdeutlicht, dass unterschiedliche Sichtweisen auf einen Sachverhalt zugelassen werden müssen. Es ist wichtig zu erkennen von welcher Richtung ein Themenbereich betrachtet und beschrieben wird. Missverständnisse in der Darstellungsart entstehen häufig durch eine einseitige und eingeschränkte Betrachtung. Der Sachverhalt wird dabei nur von einer Seite beleuchtet und andere Blickwinkel werden nicht zugelassen. Dabei können genau diese unterschiedlichen Betrachtungsweisen zu fruchtbaren Weiterentwicklung verhelfen.

Die einleitenden Zeilen nach Wittgenstein, möchte ich mit den Worten: *„Ein Ereignis ist begreifbar, wenn wir uns ein Bild von ihm machen können“* darstellen. Dieses Bild entsteht im Geiste. Es hilft der Vorstellung über die Ursache und der Entwicklung von Ereignissen. Graphische Darstellungen und tabellarische Anordnungen unterstützen die geistige Modellbildung.

Das Modell soll nicht nur für eine Einteilung von Sachverhalten hilfreich sein, sondern kann allgemein über die Sichtweise der Natur und des Geistes, als ganzheitliche Einheit, verwendet werden.

**Johann Wolfgang von Goethe**

**Gott, Gemüt und Welt**

*Willst du ins Unendliche schreiten,*

*Geh nur im Endlichen nach allen Seiten.*

*Willst du dich am Ganzen erquicken,*

*So mußt du das Ganze im Kleinsten erblicken.*

Das Modell „Kern und Schale“ (Abb. 2.1) zeigt eine vom Menschen getroffene Aufteilung von Natur und Geist, die als Einheit zu betrachten sind. Die Einheit im Kern, als Kreis dargestellt, wird als Ganzes aufgefasst und zerfällt nicht in einzelne Bereiche. Natur- und Geisteswissenschaften bilden nicht diesen Kern, sondern bringen lediglich Erkenntnisse über den ganzheitlich aufzufassenden Kern „Natur und Geist“.

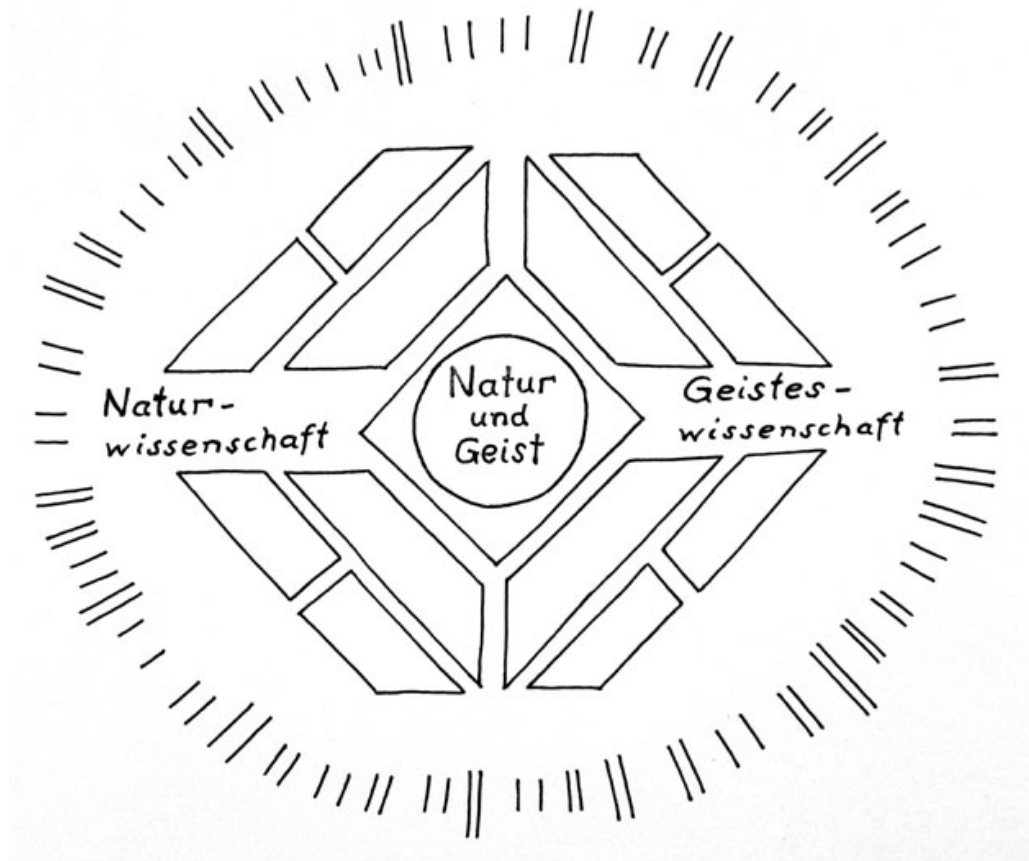


Abbildung 2.1: Modell „Kern und Schale“

Diese Wissenschaften entwickeln Theorien und beschreiben Gesetzmäßigkeiten, sie stellen das einheitliche Ganze mit den ihnen zur Verfügung stehenden Sprachen dar. Die Sprache dient als Vermittlerin und reicht von der Symbol- und Bildersprache über die Sprache der Mathematik bis hin zur nationalen Sprache in Wort und Schrift.

Der Kern des Modells liegt in einem Quadrat, welches bereits vier Seiten enthält und somit Richtungen für eine Ordnung vorgibt. Nach der einen Seite die Naturwissenschaften, ich nenne hier Physik und Biologie, und nach der anderen die Geisteswissenschaften mit Philosophie und Mathematik. Diese Aufteilung bildet die erste Schale und soll nicht einer Abgrenzung dienen, sondern die Vielfalt in den Naturvorgängen zeigen.

Die einzelnen Wissenschaften werden in weitere Fachrichtungen eingeteilt und es ergeben sich immer mehr Schalen und immer mehr Bereiche. Wichtig ist es, dass einzelne und auch vernetzte Verbindungen zugelassen werden. Das vernetzte Denken bringt neue Forschungsbereiche. So beschreiben etwa Physik, Biologie und Psychologie physiologische Vorgänge.

Mit der Farbenlehre kann eine Vernetzung verschiedener Fachrichtungen vorgenommen werden. Dabei geht man vom Phänomen Farbe aus und trifft eine Zuordnung: Farbestellung - Physik, Farbmischung - Chemie, Farbwahrnehmung - Biologie und Farbempfinden - Psychologie.

Ist das zu betrachtende Phänomen im Kern und eine Einteilung zur Beschreibung getroffen, können die einzelnen Fachrichtungen immer weiter aufgespalten werden. Diese Spezialisierung führt in den unterschiedlichen Bereichen zu neuen Entwicklungen und zu Fortschritten der wissenschaftlichen Forschung. Die Physik enthält z.B. Bereiche der Optik und unterteilt diese in geometrische Optik und Wellenoptik. Eine immer feinere Zerlegung bildet die äußerste Schale im Modell. Diese stellt in Form eines zerstückelten Kreises die Verbindung zum Kern dar. Eine immer größer werdende Anzahl an Spezialgebieten, versucht diesen Kreis der äußersten Schale zu schließen. Doch dies gelingt nur durch die Verbindung einzelner Gebiete.

Für Goethe hat die Natur kein System, sie ist Leben und Folge aus einem unbekannten Zentrum. In dieses Zentrum können auch die Natur- und Geisteswissenschaften nicht eindringen, trotz fortschreitender Erkenntnisse. Goethe sieht eine Notwendigkeit alle Vorstellungsarten und Arbeitsmethoden zusammenzunehmen, um Phänomene und ihre höhere Einheit zu ergründen und zu erkennen. Letztendlich gelangt man zu Goethes Begriff, dem Urphänomen, aus welchem sich die Naturerscheinungen entwickeln.

Naturbetrachtungen sind für Goethe endlos, denn der Mensch kann: „(...) *ins einzelste teilend verfahren, oder im ganzen, nach Breite und Höhe die Spur verfolgen.*“ [3]

## Johann Wolfgang von Goethe, Gott und Welt

Allerdings

*Dem Physiker*  
„Ins Innre der Natur -“  
*O du Philister! -*  
„Dringt kein erschaffner Geist.“  
*Mich und Geschwister*  
*Mögt ihr an solches Wort*  
*Nur nicht erinnern!*  
*Wir denken: Ort für Ort*  
*Sind wir im Innern.*  
„Glückselig, wem sie nur  
*Die äußre Schale weist!*“  
*Das hör' ich sechzig Jahre wiederholen*  
*Und fluche drauf, aber verstohlen;*  
*Sage mir tausend tausend Male:*  
*Alles gibt sie reichlich und gern;*  
*Natur hat weder Kern*  
*Noch Schale,*  
*Alles ist sie mit einem Male;*  
*Dich prüfe du nur allermeist,*  
*Ob du Kern oder Schale seist!*

## 2.2 Kunst und Wissenschaft

Die Wissenschaft wird oft einer Teilung unterzogen zwischen der eine scheinbar nicht zu überbrückende Kluft entsteht. Sie teilt sich in Natur- und Geisteswissenschaft oder in eine Wissenschaft des Westens und des Osten, wobei Erkenntnisse im Westen durch Analyse und Synthese und im Osten durch meditative Erfahrungen erworben werden. Die Trennung ist jedoch künstlicher Natur. Goethe beschreibt, dass sich die Wissenschaft aus der Poesie entwickelt hat. Für Goethe gibt es keine Grenzen. Das wissenschaftliche Arbeiten kann durchaus mit dem Schaffen in der Kunst verglichen und zusammengefügt werden.

*Man vergaß, daß Wissenschaft sich aus Poesie entwickelt habe, man bedachte nicht, daß, nach einem Umschwung von Zeiten, beide sich wieder freundlich, zu beiderseitigem Vorteil, auf höherer Stelle, gar wohl wieder begegnen könnten.*

WA, 2.Abt., Bd. 6.1, S. 139

Im Verbindungsdreieck (Abb. 2.2) stelle ich die Natur- und Geisteswissenschaft als zwei Seiten dar. Kunst ist jene Seite welche die beiden Wissenschaften verbindet. Sie ist das Bindeglied unterschiedlicher Betrachtungsweisen. Die Farbenlehre bietet die Möglichkeit



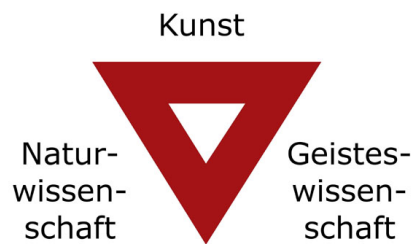


Abbildung 2.2: Verbindungs-dreieck

das literarische Werk von der naturwissenschaftlichen Seite und die darin beschriebenen Naturphänomene von der geisteswissenschaftlichen Seite her zu betrachten.

Im Historischen Teil beschreibt Goethe die Notwendigkeit der Kunst in der Wissenschaft:

*Da im Wissen sowohl als in der Reflexion kein Ganzes zusammengebracht werden kann, weil jenem das Innre, dieser das Äußere fehlt, so müssen wir uns die Wissenschaft notwendig als Kunst denken, wenn wir von ihr irgendeine Art von Ganzheit erwarten.*

Historischer Teil, Zweite Abteilung, Betrachtungen über Farbenlehre und Farbenbehandlung der Alten [2]

Bei Goethe findet keine Trennung zwischen Natur und Kunst statt und er lässt dies treffend in einem Sonett zum Vorschein kommen:

### **Johann Wolfgang von Goethe, Sonett**

#### Natur und Kunst

*Natur und Kunst, sie scheinen sich zu fliehen  
Und haben sich, eh man es denkt, gefunden;  
Der Widerwille ist auch mir verschwunden,  
Und beide scheinen gleich mich anzuziehen.*

*Es gilt wohl nur ein redliches Bemühen!  
Und wenn wir erst in abgemeßnen Stunden  
Mit Geist und Fleiß uns an die Kunst gebunden,  
Mag frei Natur im Herzen wieder glühen.*

*So ists mit aller Bildung auch beschaffen:  
Vergebens werden ungebundne Geister  
Nach der Vollendung reiner Höhe streben.*

*Wer Großes will, muß sich zusammenraffen;  
In der Beschränkung zeigt sich erst der Meister,  
Und das Gesetz nur kann uns Freiheit geben.*

## 2.3 Verbindungen als Motivation

Mit Goethes Farbenlehre kann das Über- und Ineinandergreifen verschiedener Fächer gezeigt werden. Das Übergreifen der Fächer fasst mehrere Disziplinen zusammen. Sachverhalte werden aus der jeweiligen Sichtweise beleuchtet und die Ereignisse verschiedener Vorgänge in der Natur mit den jeweils zur Verfügung stehenden Methoden beschrieben. Mit der Farbenlehre kann das Thema Farbe und Licht von der physikalischen Seite, aber auch von anderen Seiten betrachtet werden, wie z.B. von der biologischen oder psychologischen Sichtweise. Durch Vernetzung möglichst vieler Disziplinen werden Zusammenhänge aufgezeigt, die im Einzelnen nicht erkannt werden.

Durch das Ineinandergreifen der Fächer muss eine neue Arbeitsmethode angewandt werden, um Ereignisse, welche noch keiner Disziplin angehören, schrittweise zu durchleuchten und sich dadurch neue Fächer entwickeln. Dazu ist es nötig Ereignisse, also Vorgänge der Natur erstmals zu bemerken und im weiteren Verlauf so viele wie möglich zu sammeln. Nun können die Erfahrungen über diese Ereignisse geordnet und schließlich mit geeigneten Mitteln beschrieben werden.

Diese Methode hat Goethe auch bei seiner Naturforschung angewandt, um Erkenntnisse über Naturphänomene zu erlangen.

Ein weiterer wichtiger Motivationsaspekt, um neue Sachverhalte einzuführen und zu vermitteln, ist die Herstellung einer Verbindung zu Persönlichkeiten. Denn es ist immer der Mensch, der neue Erkenntnisse gewinnt und weitergibt. Nicht die Natur schafft die Naturgesetze, sondern der Mensch beschreibt die Natur mit solchen Gesetzen.

Das Werk des Dichters, Malers und Musikliebhabers Goethe eignet sich hervorragend, um die Verbindung zwischen den verschiedenen Künsten aufzuzeigen.

## 3 Goethe als Naturforscher

### 3.1 Goethes Arbeitsbereiche in der Naturforschung

Naturwissenschaft ist nach Goethe nur dann Wissenschaft, wenn sie sich über technisches und handwerkliches Schaffen erhebt und schöpferisch neue Erkenntnisse hervorbringt. Goethes Tätigkeitsbereich in der Naturforschung lässt sich im wesentlichen in drei Hauptgebiete einteilen:

- Die Farbenlehre
- Die vergleichende Gestaltenlehre (Morphologie)
- Die Gesteins- und Witterungskunde

Darüber hinaus findet man weitere Themen wie: „Von dem Hopfen und dessen Krankheit, Ruß genannt“ - „Durchgewachsene Rose“ - „Die Skelette der Nagetiere“ - „Die Faultiere und die Dickhäutigen“ - „Uralte neuentdeckte Naturfeuer und Glutspuren“ und hierzu vielfach Zeichnungen, Tafeln und Tabellen.

[6]

### 3.2 Die Unterteilung des Farbenbegriffes

Der Ursprung zahlreicher Missverständnisse, welche viele Farbtheorien nach sich ziehen, liegt im Begriff Farbe. Mit dem Wort Farbe werden wesensverschiedene Begriffe bezeichnet, denn man spricht von der Farbe des Himmels, der Farbe eines bunten Glases und der Farbe einer Lichtquelle. Aber man verwendet das Wort Farbe ebenso für verschiedene Malmittel, wie auch für visuelle farbige Erscheinungen bei geschlossenen Augen.

Ein wichtiger Punkt in Goethes Farbenlehre ist die Erkenntnis verschiedene Farberscheinungen in drei Bereiche zu gliedern. Goethe unterscheidet grundsätzlich zwischen physiologischen, physischen und chemischen Farben.

*„Aber wie sehr er sich auch bemüht, allen dreien gerecht zu werden, die ureigenste Farbe Goethes ist die physiologische, die Farbe also, die uns durch den wunderbaren Bau des Sehorgans vermittelt wird“*, so hebt Martin Gebhardt, getreu nach Goethes Ansicht, das Auge als vornehmste Quelle aller Erkenntnis hervor. [7]

### 3.3 Die Methode

Die Anschauung ist Goethes Leidenschaft in der Naturforschung. Aus seinem anschaulichen Denken, welches ihm von Natur aus angeboren war, entwickelte er eine exakte Methode für ein systematisches Arbeiten.

Goethes Tätigkeit erstreckt sich über die exakte Beobachtung bis hin zur Deutung von Naturvorgängen. Er fordert den Naturforscher auf, sich folgender Schritte zu bedienen:

*Die Phänomene zu erhaschen, sie zu Versuchen zu fixieren, die Erfahrungen zu ordnen und die Vorstellungsarten darüber kennen zu lernen, bei dem Ersten so aufmerksam, bei dem Zweiten so genau als möglich zu sein, beim dritten vollständig zu werden und beim Vierten vielseitig genug zu bleiben, (...)*  
Goethe an Jacobi [8]

Die Versuche stellt Goethe naturgetreu nach und zwingt den Naturphänomenen keine synthetisch erzeugten Erscheinungen auf. Dabei sollen die Versuche mit einfachen Mitteln zu den Erscheinungen führen, welche selbst beobachtet werden können. Goethe wird nicht müde den Leser immer wieder aufzufordern die Erscheinungen leibhaftig zu sehen.

*Ohne Vorzeigung der Experimente, ohne mündlichen Vortrag ist es schwer, eine so zarte und komplizierte Lehre deutlich zu machen.*  
Von den farbigen Schatten, Achtzehnter Versuch [5]

Goethe gliedert die Phänomene und beschreibt diese:

1. *Das empirische Phänomen,*  
*das jeder Mensch in der Natur gewahr wird und das nachher*  
2. *zum wissenschaftlichen Phänomen*  
*durch Versuche erhoben wird, indem man es unter anderen Umständen*  
*und Bedingungen, als es zuerst bekannt gewesen, und in einer mehr oder*  
*weniger glücklichen Folge darstellt.*  
3. *Das reine Phänomen*  
*Steht nun zuletzt als Resultat aller Erfahrungen und Versuche da. Es*  
*kann niemals isoliert sein, sondern es zeigt sich in einer stetigen Folge*  
*der Erscheinungen. Um es darzustellen, bestimmt der menschliche Geist*  
*das empirisch Wankende, schließt das Zufällige aus, sondert das Unreine,*  
*entwickelt das Verworrene, ja entdeckt das Unbekannte.*  
Erfahrung und Wissenschaft [5]

Nach Goethes Ansicht ist das reine Phänomen, das Urphänomen, mit hoher Wahrscheinlichkeit das letzte Ziel menschlicher Tätigkeit, um die Erscheinungen der Wirklichkeit zu verinnerlichen.

*Denn hier wird nicht nach Ursachen gefragt, sondern nach Bedingungen, unter welchen die Phänomene erscheinen; es wird ihre konsequente Folge, ihr ewiges Wiederkehren unter tausenderlei Umständen, ihre Einerleiheit und Veränderlichkeit angeschaut und angenommen, ihre Bestimmtheit anerkannt und durch den menschlichen Geist wieder bestimmt.*

Erfahrung und Wissenschaft [5]

Der Naturforscher sucht das Bestimmte der Erscheinungen zu fassen und festzuhalten. Er beobachtet die Phänomene mit Sorgfalt, ordnet sie und formuliert aus der Folge der Erscheinungen ein empirisches Gesetz. Dieses Gesetz wird den künftigen Erscheinungen vorangestellt, und der Forscher überprüft, ob sich die Erscheinungen dem Gesetz gemäß verhalten.

*Passen Gesetz und Erscheinungen in der Folge völlig, so, habe ich gewonnen, passen sie nicht ganz, so werde ich auf die Umstände der einzelnen Fälle aufmerksam gemacht und genötigt, neue Bedingungen zu suchen, unter denen ich die widersprechenden Versuche reiner darstellen kann; (...)*

Erfahrung und Wissenschaft [5]

Der deutsche Arzt und Dichter Gottfried Benn (1886-1956) beschreibt in „Goethe und die Naturwissenschaften“ die Arbeitsweise Goethes und betont dessen weitsichtiges methodisches Gefühl. „(Goethe) tritt vom Gegenstand zurück, wenn er sich nicht ohne weiteres erschließt, wartet ab, greift ihn wieder auf, umzieht ihn mit Gedanken, bildet ihn in jahrzehntelangen Prozessen geistig um.“ [6]

Goethes „anschauliches Denken“ formuliert Benn um: „Es ist ein produktives Denken im Rahmen wissenschaftlicher Themen, ein weittragendes perspektivisches Erfühlen von Zusammenhängen und Ursprüngen, ein Eintauchen des Denkens in Gegenstand und eine Osmose des Objekts in den anschauenden Geist.“ [6]

## 3.4 Das Aperçu

Das Aperçu<sup>1</sup> lässt sich als spontane blitzartige Feststellung beschreiben, welche nach Goethe durch weitere Studien erläutert und bestätigt werden soll.

Das Auge gilt als Eingangspforte für die vielseitigen und vieldeutigen Erscheinungen in der Natur. Doch wird der scharfe Beobachter nicht zum Naturforscher, wenn er die inneren Zusammenhänge nicht entdeckt. So ist das genaue Betrachten der Vorgänge eine wichtige Vorbedingung der naturwissenschaftlichen Erfahrungen, doch Goethe setzt diesen Erfahrungen das Aperçu als Quelle der Erkenntnis voraus.

---

<sup>1</sup>fr.: geistreiche, prägnant formulierte Bemerkung

### 3 Goethe als Naturforscher

*Alles kommt in der Wissenschaft auf das an, was man ein Aperçu nennt, auf ein Gewahrwerden dessen, was eigentlich den Erscheinungen zu Grunde liegt.*

Historischer Teil, Fünfte Abteilung, Galileo Galilei [2]

Goethe spricht bereits vom Verdienst, das Aperçu nach eigener Erfahrung richtig aufzufassen, auch wenn es andere zuvor vernehmen konnten. Es ist nach Goethes Ansicht wichtig, das Aperçu selbst zu „hören“. Dieses Auffangen und Erkennen ist besonders förderlich für seine naturforschende Tätigkeit.

[7]

## 4 Aufbau und Entwicklung der Farbenlehre

### 4.1 Didaktischer, polemischer und historischer Teil

Die Farbenlehre erschien in zwei Bänden mit dem Titel „Zur Farbenlehre“. Das Werk wurde 1810 in Tübingen bei Cotta veröffentlicht, und umfasst mehr als 1400 Oktavseiten<sup>1</sup>. Dazu kommt noch ein Heft mit 16 Tafeln und deren Erläuterungen.

In der „Anzeige und Übersicht des Goetheschen Werkes zur Farbenlehre“ nutzt Goethe die Gelegenheit, dem Publikum Rechenschaft über seine Arbeit zu geben. Er schildert seine Absichten, die er mit der Farbenlehre bezweckt.

*Sie geht kürzlich dahin, die chromatischen Erscheinungen in Verbindung mit allen übrigen physischen Phänomenen zu betrachten, (...), in eine Reihe zu stellen, und so durch Terminologie und Methode eine vollkommene Einheit des physischen Wissens vorzubereiten.*

„Anzeige und Übersicht des Goetheschen Werkes zur Farbenlehre“ [2]

Goethe gliedert die Arbeit „Zur Farbenlehre“ in drei Hauptteile:

- Didaktischer Teil
- Polemischer Teil
- Historischer Teil

#### Didaktischer Teil

Der didaktische Teil beinhaltet sechs Abteilungen, in der Goethe seine Erkenntnisse präsentiert. In den ersten drei Abteilungen beschreibt er, wie unterschiedliche Farbphänomene hervorgerufen werden. Goethe bestimmt die Besonderheiten unter welchen die Farben auftreten, sondert und ordnet sie in die **erste Abteilung** - „Physiologische Farben“, **zweite Abteilung** - „Physische Farben“ und **dritte Abteilung** - „Chemische Farben“.

---

<sup>1</sup>Die Oktavseite ist ein historisches Papierformat in der Größe 142,5x225mm

#### 4 Aufbau und Entwicklung der Farbenlehre

*Daß die Farben auf mancherlei Art und unter ganz verschiedenen Bedingungen erscheinen, ist jedermann auffallend und bekannt. Wir haben die Erfahrungsfälle zu sichten uns bemüht, sie, insofern es möglich war, zu Versuchen erhoben und unter drei Hauptrubriken geordnet. Wir betrachten demnach die Farben, unter mehreren Abteilungen, von der physiologischen, physischen und chemischen Seite.*

„Anzeige und Übersicht des Goetheschen Werkes zur Farbenlehre“ [2]

In der **vierten Abteilung** „Allgemeine Ansichten nach innen“ gibt Goethe einen übersichtlichen Rückblick auf die vorgehenden Kapitel.

*Wir haben bisher die Phänomene fast gewaltsam auseinandergehalten, die sich teils ihrer Natur nach, teils dem Bedürfnis unsres Geistes gemäß immer wieder zu vereinigen strebten. (...)*

Didaktischer Teil, §688 [2]

In der **fünften Abteilung** werden die „Nachbarlichen Verhältnisse“ dargestellt. Verschiedene Wissenschaften stehen der Farbenlehre nahe. Sie sollen sich günstig auf das Wissen, Tun und Treiben unterschiedlichster Forschung auswirken. Mit der Schlussbetrachtung über Sprache und Terminologie schließt diese Abteilung ab.

*Den Philosophen, den Arzt, den Physiker, den Chemiker, den Mathematiker, den Techniker laden wir ein, an unserer Arbeit teilzunehmen und unser Bemühen, die Farbenlehre dem Kreis der übrigen Naturerscheinungen einzuverleiben, von ihrer Seite zu begünstigen.*

„Anzeige und Übersicht des Goetheschen Werkes zur Farbenlehre“ [2]

In der **sechsten Abteilung** „Sinnlich-sittliche Wirkung“ der Farbe erklärt Goethe, wie Farben das menschliche Befinden bestimmen. Diese Abteilung ist deshalb so bedeutungsvoll, weil Goethe als der Erste gilt der die Wirkung der Farbe auf Empfinden und Gemüt im umfassenden Maße kommentiert. Zu Beginn werden einzelne Farben analysiert. Weiters untersucht er Farbzusammenstellungen, und schließlich leitet Goethe Gesetzmäßigkeiten ab, die im Gebiet der Malkunst von Bedeutung sind.

Diese Abteilung endet mit der *Zugabe* des Briefes von Philipp Otto Runge (1777-1810):

*Ich lasse daher zum Schluß, um hiervon ein Zeugnis abzugeben, den Brief eines talentvollen Malers, des Herrn Philipp Otto Runge, mit Vergnügen abdrucken, eines jungen Mannes, der, ohne von meinen Bemühungen unterrichtet zu sein, durch Naturell, Übung und Nachdenken sich auf die gleichen Wege gefunden hat.*

Didaktischer Teil; Zugabe [2]

Im *Schlußwort* wird dargelegt, wie zu allen Zeiten die Wissenschaften durch Persönlichkeiten auch ohne fachmännische Schulung gefördert wurden. Mit dem Ehrgeiz und der Liebe zum Fach konnten diese Forscher, durch augenblickliche Aufmerksamkeit oder per Zufall eine Weiterentwicklung in der Lehre erreichen.



*Durchsucht man jedoch die Geschichte der Wissenschaften überhaupt, besonders aber die Geschichte der Naturwissenschaft, so findet man, daß manches Vorzüglichere von einzelnen in einzelnen Fächern, sehr oft von Laien geleistet worden.*

Didaktischer Teil; Schlußwort [2]

Goethe schließt den didaktischen Teil mit der Zeile:

**Multi pertransibunt et augebitur scientia**

(Viele werden ihr Leben durchmachen und hinübergehen, und das Wissen wird sich vermehren. Aus der Vulgata Daniel 12, 4) [4]

### Polemischer Teil

In diesem Teil wendet sich Goethe gegen Newtons Farbenlehre. Das Buch von Isaak Newton (1643-1727) mit dem Titel „Optics, or a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light“<sup>2</sup> wird von Goethe scharf kritisiert. Ab 1719 erschienen mehrere Auflagen einer lateinischen Ausgabe, die sehr gut übersetzt sind. Goethe, der beide Fassungen kennt, beschreibt diese als „*sehr treu und genau*“.

[6]

Goethe stellt sich der Ansicht entgegen, dass im Licht schon alle Farben enthalten seien, und sieht die Newtons Theorie als eine, die sich auf einen beschränkten Fall gründet. Newtons Ausführungen werden von Goethe gründlich zerlegt und nicht selten tauchen Formulierungen auf wie: „*fratzenhafte Erklärungsart*“ - „*barer Unsinn*“ oder „*bis zum Unglaublichen unverschämt*“. [6]

### Historischer Teil

Diesen umfangreicheren zweiten Band bezeichnet Goethe mit „Materialien zur Geschichte der Farbenlehre“. Er rekapituliert die verschiedenen historischen Theorien zu Farbe und Licht und investiert viel Fleiß und Mühe, die Sammlung und Zusammenstellung zu ordnen. Es liegt ihm daran zu zeigen, wie das Betrachten und auch das Anwenden der Farbe die Menschen seit Urzeiten beschäftigten.

Die historische Abhandlung dient zum Teil als Stütze und Ergänzung des polemischen Teils und liefert nur bedingt objektive Geschichte. Immer wieder findet man Stellen, die von vornherein ablehnen, was nicht in die Anschauung von Goethe über das Entstehen der Farben passt.

Goethe beginnt mit dem Beitrag „Zur Geschichte der Urzeit“. In der ersten Abteilung „Griechen“ führt sein Weg, um nur einige zu nennen, über Pythagoras, Zeno, Plato bis zu Aristoteles und Theophrast. Danach werden in der zweiten Abteilung Beiträge der

---

<sup>2</sup>Optik, oder Abhandlung über Spiegelungen, Brechungen, Beugungen und Farben des Lichts

## 4 Aufbau und Entwicklung der Farbenlehre

„Römer“, beginnend mit Lukretius beschrieben. Die dritte Abteilung handelt von der „Zwischenzeit“ und in der vierten Abteilung wird über das „Sechzehnte Jahrhundert“ von Paracelsus und den Alchemisten berichtet.

Dann folgt die fünfte Abteilung „Siebzehntes Jahrhundert“ mit Galileo Galilei, Johann Kepler und Renatus Cartesius (René Descartes). Franziskus Maria Grimaldi (1618-1663), ein gelehrter Jesuit, der sich mit Physik und Astronomie beschäftigt, gilt als Entdecker der Diffraction<sup>3</sup> oder Beugung des Lichtes. Goethe bezeichnet Grimaldis Arbeit als Vorbereitung für die Newtonsche Lehre.

Die sechste Abteilung „Achtzehntes Jahrhundert“ ist verständlicherweise die umfangreichste. Newton, seine Schüler und Nachfolger werden ausführlich behandelt. Hier enthalten sind auch Beiträge der ersten Gegner, denen Newton selbst antwortet.

Von Bedeutung ist auch noch das anschließende Kapitel „Konfession des Verfassers“, in der Goethe eine ausführliche Erläuterung gibt, wie er zu seinen Studien über die Entstehung und die Natur der Farben gekommen ist.

Im Schlussabschnitt „Statt des versprochenen supplementaren Teils“ beschreibt Goethe die Wirkung farbiger Beleuchtung. Neben dem Effekt der Beleuchtung auf verschiedene Arten von Leuchtsteinen, wird auch die Wirkung der farbigen Beleuchtung auf die Pflanzenwelt präsentiert.

### Tafeln zur Farbenlehre

Die „Sechzehn Tafeln nebst der Erklärung zu Goethes Farbenlehre“ bieten eine wertvolle Ergänzung. Die Tafeln sind Kupferstiche und zum Teil mit Aquarellfarben von Hand eingefärbt.

Die Tafel I-VI sollen Goethes Farbentheorie darlegen und werden für den didaktischen Teil verwendet. Für den polemischen Teil fertigt er die Tafel VII-XIV. Die Tafel XV gehört zum historischen Teil und stellt jene Figur vor, die Antonius de Dominis (1566-1624) zur Versinnbildlichung des Vorgehens im Regentropfen zeigt. Mit der Tafel XVI regt Goethe den Bau eines Wasserprismas an, um seine Darstellungen auch ohne Glasprismen durchführen zu können.

## 4.2 Vorarbeiten

Goethes Vorstudien zur Farbenlehre umfassen drei Schriften. Sie dienen als Erweiterung und Vertiefung der erster Erfahrungen und Erkenntnisse, die er als Naturforscher erfährt:

- Beiträge zur Optik (Chromatik); Erstes Stück (1791), Zweites Stück (1792)

---

<sup>3</sup>lat.: diffractio = Zerbrechung

- Von den farbigen Schatten (1792)
- Versuch, die Elemente der Farbenlehre zu entdecken (1794)

Die drei Arbeiten charakterisieren Goethes anfängliche Beschäftigung mit der Farbewelt. Sie sind ein erster Niederschlag seiner unternommenen Versuche, Erfahrungen und Erkenntnisse. In der gleichen Zeit entstanden auch seine erkenntniswissenschaftlichen Aufsätze.

### Beiträge zur Chromatik

In der Bemerkung „Wohl zu erwägen“, macht Goethe darauf aufmerksam, wie eine falsche Behandlung bei der Einteilung eines wichtigen Gegenstandes das Geschäft und das Ansehen einer Arbeit erschwert.

*(...), der Widerwille komme eigentlich daher, daß ich meine ersten kleinen Hefte Beiträge zur Optik genannt; denn da die Optik eine abgeschlossene, dem Mathematiker bisher ganz anheimgegebene Wissenschaft gewesen sei, so habe niemand begreifen können noch wollen, wie man ohne Mathematik Beiträge zur Optik bringen oder wohl gar die Hauptsätze bezweifeln und bekämpfen dürfe. Und so überzeugte mich der treffliche Freund gar leicht, daß, wenn ich gleich anfangs Beiträge zur Farbenlehre angekündigt (...) die Sache ein ganz anderes Ansehn gewonnen hätte.*

Aus den Heften „Zur Naturwissenschaft“, Nr. 4, Wohl zu erwägen [5]

Goethe berichtigt den Titel der Arbeit „Beiträge zur Optik“. Er untersucht nicht die Ausbreitung des Lichtes, sondern ausschließlich farbige Erscheinungen. Deshalb nennt er sie „Beiträge zur Chromatik“.

### Von den farbigen Schatten

In der Schrift „Von den farbigen Schatten“ beschreibt Goethe 18 Versuche und ergänzt die Arbeit mit einer Skizze, bestehend aus vier Figuren. Das Werk wurde nicht von Goethe selbst veröffentlicht, denn im Verlauf seiner Beschäftigung änderten sich seine Ansichten über die Natur dieser Erscheinungen. Er befasste sich bis zu seinem Tod mit dem Phänomen der farbigen Schatten.

### Versuch, die Elemente der Farbenlehre zu entdecken

Diese Arbeit gilt als Stufe zwischen den chromatischen Beiträgen und der ausführlichen Farbenlehre. Sie zeigt, wie Goethe die Farbphänomene immer mehr zur geschlossenen Kette machen will, so dass sich eins aus dem anderen ableitet. Aus dem Kapitel „Von weißen, schwarzen und grauen Körpern und Flächen“ und „Von farbigen Flächen“ entwickelt er den sechsteiligen Farbenkreis.

### Erkenntniswissenschaftliche Aufsätze

Die beiden erkenntniswissenschaftlichen Aufsätze geben Einblick in die Arbeitsmethode, die Goethe für seine naturwissenschaftlichen Forschungen entwickelt. Die Beiträge tragen die Titel:

- Der Versuch als Vermittler vom Objekt und Subjekt (1793)
- Erfahrung und Wissenschaft (1798)

In ihnen beschreibt Goethe seine Ansicht von Sinn und Leistung des empirischen bzw. experimentellen Vorgehens.

[5]

### 4.3 Ergänzungen

Goethe unternimmt nach der Veröffentlichung seiner Farbenlehre weitere Studien zur Farbe. Er ist davon überzeugt, dass jede neue Entdeckung seine Farbentheorie bestätigt. Das Werk „Entoptische Farben“ entsteht in den Jahren 1813, 1817 und 1820.

Der Physiker Thomas Johann Seebeck (1770-1831), bekannt durch den nach ihm benannten Seebeck-Effekt, untersucht die Doppelbrechung von Lichtstrahlen durch Kalkspatkristalle und entdeckt Farberscheinungen, welche der Polarisation des Lichtes zugrunde liegen. Seebeck nennt diese Farberscheinung entoptische<sup>4</sup> Farbe, welcher erstmals vom Philosophen Georg Wilhelm Friedrich Hegel (1770-1831) verwendet wird. Hegel ist als verständnisvoller Anhänger der Goetheschen Naturanschauung zu bezeichnen. Dies legt der rege Briefwechsel mit Goethe zur Farbenlehre dar.

[5] [7]

Der Begriff „entoptischen Farben“ wird auch von Goethe übernommen. In den Beiträgen verwendet er die in seiner Farbenlehre entwickelten Prinzipien, welche das Komplizierte stets aus dem Einfachen ableitet. Er beschreibt Versuche, welche entoptische Erscheinungen hervorbringen. Mit einem von ihm entwickelten entoptischen Apparat untersucht er günstige und ungünstige Lichtverhältnisse, die ein Maler in seiner Werkstatt feststellte. Der Künstler gestaltete die Werkstatt so, dass das einzige Fenster gegen Norden und den freiesten Himmel gerichtet war. Der Maler gibt Tageszeiten an, bei denen optimale Bedingungen vorliegen. Goethe bestätigt diese Zeiten unter Zuhilfenahme des entoptischen Apparates.

[5]

---

<sup>4</sup>Entoptisch, (griech.-deutsch), durch Hineinsehen entstanden

# 5 Farben

## 5.1 Farbbegriffe in der Farbenlehre

Goethe verwendet in seiner Farbenlehre Begriffe, die in modernen Farbtheorien kaum eingesetzt werden. In einem Schema zur Farbenlehre beschreibt er die Einteilung der Farben in drei Hauptrubriken:

*Farbe manifestirt<sup>1</sup> sich*

<b>Physiologisch.</b>	<b>Physisch.</b>	<b>Chemisch.</b>
Subjectiv, unaufhaltsam, flüchtig; Vermittlung im Subject.	Subjectiv und objectiv, wandelbar, verschwindend; Vermittlung durchscheinender, durchsichtiger Körper.	Objectiv, wandelbar, festzuhalten; Vermittlung Körper aller Art.

WA II, 5.1, S. 319 [11]

Die Definition des Wesens der Farbe darf nach Goethe keine Voraussetzung, sondern muss ein Resultat der Darstellung sein. Im Vorwort „Zur Farbenlehre“ beschreibt er die Farben als „*Taten des Lichtes*“ und unterstreicht damit die Eigenschaft, dass ohne Licht Farbe in der physischen Welt nicht existiert. Farbe ist der Sinneseindruck der im Gehirn entsteht.

*Die Farbe sei ein elementares Naturphänomen für den Sinn des Auges, das sich, wie die übrigen alle, durch Trennung und Gegensatz, durch Mischung und Vereinigung, durch Erhöhung und Neutralisation, durch Mitteilung und Verteilung und so weiter manifestiert und unter diesen allgemeinen Naturformeln am besten angeschaut und begriffen werden kann.*

Didaktischer Teil, Einleitung [2]

Goethe schildert im didaktischen Teil, wie die verschiedenen Farben wahrgenommen werden können.

### Physiologische Farben

In der ersten Abteilung des didaktischen Teils stellt Goethe, entgegen der bisherigen Annahmen, neue Ansichten über das Sehen dar, und beschreibt diese mit den physiologischen Farben.

---

<sup>1</sup>lat.: manifestare = offenbaren, zeigen

*Diese Farben, welche wir billig obenan setzen, weil sie dem Subjekt, weil sie dem Auge, teils völlig, teils größtens zugehören, diese Farben, welche das Fundament der ganzen Lehre machen und uns die chromatische Harmonie, worüber so viel gestritten wird, offenbaren, wurden bisher als außerwesentlich, zufällig, als Täuschung und Gebrechen betrachtet. (...)*  
Didaktischer Teil, §1 [2]

Die physiologischen Farben werden vom Sehorgan in Folge innerer Ursachen hervorgebracht und gehören dem gesunden Auge an. Die Erscheinung dieser Farben war bereits bekannt, doch wurde sie mit einer Täuschung oder einem Gebrechen des Sehorgans in Zusammenhang gebracht. Frühere Bezeichnungen dafür waren z. B. Scheinfarben, Augentäuschung oder Gesichtsbetrug.

Die **pathologischen Farben** beschreibt Goethe im Anhang zur ersten Abteilung. Sie treten beim krankhaften Auge auf, beispielsweise bei Farbblindheit oder einem gequetschten Auge.

### Physische Farben

In der zweiten Abteilung des didaktische Teils werden die physischen Farben beschrieben und in „katoptrische, paroptische, dioptrische und epoptische Farben“ unterteilt.

*Physische Farben nennen wir diejenigen, zu deren Hervorbringung gewisse materielle Mittel nötig sind, welche aber selbst keine Farbe haben und teils durchsichtig, teils trüb und durchscheinend, teils völlig undurchsichtig sein können. (...)*  
Didaktischer Teil, §136 [2]

Physische Farben haben ihren Ursprung in äußeren, materiellen Prozessen. Sie entstehen als Folge gewisser Vorgänge in der objektiven, materiellen Natur. Sind jene Vorgänge nicht mehr vorhanden, verschwinden auch die Farben. Die physischen Farben sind keine Eigenschaften der Körper in der Natur, sondern Begleiterscheinungen der Phänomene in der Körperwelt. Die farbige Erscheinung des Lichtes hängt von den äußeren Bedingungen ab. Die Farbe existiert nur solange diese Bedingungen bestehen.

Die **katoptrischen Farben** zeigen sich bei der Reflexion des Lichtes auf der Oberfläche der Körper. Es wird vorausgesetzt, dass sowohl das Licht als auch die Fläche völlig farblos ist. Katoptrik ist die Lehre von der Zurückwerfung des Lichtes.

Die **paroptischen Farben** entstehen am Rand einer Begrenzung und treten in Verbindung zu Schatten von Körpern auf. Schatten, sowie Lichtbündel sind bei genauer Betrachtung nicht scharf begrenzt (Beugungerscheinungen).

Die **dioptrischen Farben** entstehen, wenn Licht durchscheinende oder durchsichtige Körper durchdringt. Goethe teilt sie in *dioptrische Farben ohne Refraktion* (entspringen aus der reinen Trübe) und *dioptrische Farben mit Refraktion* (werden durch Brechung

mit begrenzten Flächen verursacht). Die dioptrischen Farben mit Refraktion entsprechen den prismatischen Farben, jenen Farben die bei der Betrachtung einer weiß-schwarzen Kante durch ein Prisma entstehen. Dioptrik ist die Lehre von der Lichtbrechung.

Die **epoptischen Farben** sind Farberscheinungen die sich auf der Oberfläche der Körper unter verschiedenen Bedingungen flüchtig oder bleibend zeigen (Interferenzerscheinungen).

Die Auflistung der Farbbegriffe verläuft nach dem von Goethe bezeichneten Ordnungsprinzip der Natur. Mit der Aufteilung hebt er das Besondere und die Vielfalt der Farben hervor. Goethe sieht in seiner Anordnung vielmehr die Übergänge und weniger eine Abgrenzung der Erscheinungen.

*Beurteilen wir diese Rubriken in bezug auf die von uns beliebten Hauptabteilungen, nach welchen wir die Farben in physiologischer, physischer und chemischer Rücksicht betrachten, so finden wir, daß die katoptrischen Farben sich nahe an die physiologischen anschließen, die paroptischen sich schon etwas mehr ablösen und gewissermaßen selbständig werden, die dioptrischen sich ganz eigentlich physisch erweisen und eine entschieden objektive Seite haben; die epoptischen, (...) machen den Übergang zu den chemischen Farben.*

Didaktischer Teil, §141 [2]

### Chemische Farben

In der dritten Abteilung des didaktischen Teils beschreibt Goethe die chemischen Farben (die heutigen Körperfarben).

*So nennen wir diejenigen, welche wir an gewissen Körpern erregen, mehr oder weniger fixieren, an ihnen steigern, von ihnen wieder wegnehmen und andern Körpern mitteilen können, denen wir denn auch deshalb eine gewisse immanente Eigenschaft zuschreiben. Die Dauer ist meist ihr Kennzeichen.*

Didaktischer Teil, §486 [2]

Chemische Farben sind die unter Einfluss des Lichtes entstehenden Körperfarben. Die Farben sind an den Körper oberflächlich oder durchdringend fixiert. Unterschiedliche Materialien bestimmen die Dauer der Farberscheinung.

*Alle Körper sind der Farbe fähig, entweder daß sie an ihnen erregt, gesteigert, stufenweise fixiert oder wenigstens ihnen mitgeteilt werden kann.*

Didaktischer Teil, §490 [2]

### Weitere Farbbegriffe

Die **entoptischen Farben** sind den Ergänzungen zur Farbenlehre entnommen. Sie sind Polarisationserscheinungen, die durch das Zusammenwirken von Lichtstrahlen mittels

Brechung und/oder Reflexion entstehen.

Blau und Gelb bezeichnet Goethe als **reine Farben** und bemerkt dazu im Polemischen Teil:

*Es gibt nur zwei reine Farben, Blau und Gelb. Das übrige sind Stufen dieser Farben oder unrein.*

Polemischer Teil, Statt eines Nachworts [2]

Rot ist nach Goethe keine reine Farbe, denn diese entwickelt sich aus der Steigerung von Gelb. (siehe Kap. 8.6)

## 5.2 Allgemeine Farbbegriffe

### Farbe, Farbstoff und Licht

Nach Wilhelm Ostwald (1853-1932) ist **Farbe** jene Empfindung die im Sehorgan erzeugt wird, er beschreibt diese in seiner „Farbenkunde“: *„Farbe heißt die Empfindung, welche, durch Licht verursacht, durch das Auge vermittelt und durch den Sehnerv dem Gehirn übertragen, durch die Betätigung dieses Organs erzeugt wird.“* [10]

Das Sehorgan besteht hierbei aus den beiden Augen, den Sehnerven und dem Sehzentrum im Gehirn. Die wahrgenommene Farbe ist keine physikalische Eigenschaft der Gegenstände. Man kann Farben auch ohne Farbstoffe erleben, nämlich dann, wenn auf das geschlossene Auge ein sanfter Druck ausgeübt wird, stellen sich bald Farb- und Lichterscheinungen ein. Es ist auch möglich, Farberscheinungen durch alleinige Vorstellungskraft zu erzeugen, ganz ohne äußere Reizung des Sehnervs.

Ostwald unterscheidet streng zwischen *Farben und Farbstoffen*. Das Wort Farbe hat jedoch im Sprachgebrauch mehrfache Bedeutung. Einerseits werden die Lichtstrahlung, die einen Farbreiz auslösen, und andererseits die Farbstoffe oder Pigmente als Farbe bezeichnet. [10]

Der Begriff Farbe ist nur für jene Wirkungen anzuwenden, die normalerweise durch das Auge vermittelt werden, indem dieses durch strahlende Energie gereizt wird. Der Farbeindruck kann jedoch auch durch anderweitige Reizung des Sehnervs oder durch innere Tätigkeit hervorgebracht werden. Dieser Farbeindruck entsteht ohne Lichteinfluss und ist das Resultat einer vernetzten Aktivität von verschiedenen Gehirnregionen.

**Farbstoffe** oder Pigmente sind jene chemischen Stoffe, die bei der Betrachtung das Empfinden von Farbe hervorrufen. Die Energieform, die solches Empfinden auslöst, heißt **Licht**.

[10]



## Farbkörper

Das Farbempfinden ist dreidimensional und wird in Farbkörpermodellen dargestellt. Drei voneinander unabhängige Bestimmungen sind zur eindeutigen Beschreibung einer Farbe notwendig. Hermann von Helmholtz führte die Begriffe Farbton, Sättigungsgrad und Lichtstärke (Helligkeit) ein. [17]

Das **HSB-Modell** (Hue, Saturation, Brightness)<sup>2</sup> verwendet diese drei Größen, um unterschiedliche Farbnancen zu beschreiben. Dieses Modell kommt dem menschlichen Farbempfinden am nächsten. [18]

Der **Farbton** gibt die Grundfarbe als Winkel im Farbkreis an, in dem die Farben von Rot (0°) nach Gelb (60°), Grün (120°), Cyan (180°), Blau (240°), Magenta (300°) wieder nach Rot wechseln.

Die **Farbsättigung** zeigt an, wie kräftig eine Farbe ist und wird in Prozent angegeben. Je höher die Farbsättigung, desto intensiver und leuchtender ist die Farbe. Prismatische Farben haben die höchste Sättigung, Pastelltöne eine geringere, Grautöne sind gänzlich ungesättigt.

Die **Helligkeit** gibt an, wie viel Weiß- oder Schwarzanteile eine Farbe besitzt. Die Angabe 100% bedeutet dabei keinen, 0% maximalen Schwarzanteil.

Im **RGB-Farbmodell** werden die unterschiedlichen Farbnancen durch die Intensitäten der Farben Rot-Grün-Blau definiert. Die additive Farbmischung (Lichtfarbe) erzeugt sowohl bunte als auch unbunte Farben. Schwarz entsteht durch Abwesenheit der Farben, Weiß bei vollständiger Überlagerung von Rot, Grün und Blau. Das RGB-Modell wird für die Farbwiedergabe bei Bildschirmen für Computer und Fernseher verwendet.

Der üblich verwendete Code für die Farbwiedergabe bei Computermonitoren besteht aus einer sechststelligen Zahl im Hexadezimalsystem (Ziffern 0,...,9,A,...,F). Mit diesem ist es möglich 16.777.216 ( $16^6$ ) Farben darzustellen (24-bit Farbtiefe). Im hexadezimalen Farbcode RRGGBB stehen die ersten beiden Zahlen für den Rot-, die nächsten für den Grün- und die letzten beiden Zahlen für den Blauanteil. (z.B.: FF0000=Rot, FFFF00=Gelb, 000000=Schwarz, FFFFFFFF=Weiß)

[19]

Das **CMYK-Modell** (Cyan, Magenta, Yellow, Key) wird hauptsächlich in der Drucktechnik eingesetzt (Tintenstrahldrucker, Offsetdruck). Für die subtraktive Farbmischung (Körperfarbe) kommen Cyan, Magenta und Gelb zum Einsatz. Da bei der Mischung der drei verwendeten Farben nur ein dunkler Brauntönen hergestellt werden kann und nicht das gewünschte Schwarz, kommt zusätzlich Schwarz zum Einsatz. [20]

---

<sup>2</sup>Farbton, Sättigung, Helligkeit

### Bunte und unbunte Farben

An den **bunten Farben** nimmt man einen Farbton wahr, ist dieser nicht vorhanden, spricht man von den **unbunten Farben**, d.i. Schwarz, Weiß und deren Mischungen (Grauleiter). Diese Begriffe wurden von Ostwald geprägt. [10]

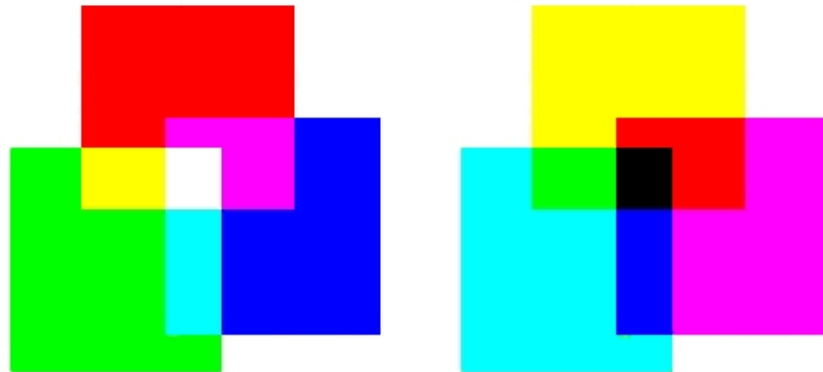


Abbildung 5.1: Additive und subtraktive Farbmischung

### Primär-, Sekundär- und Tertiärfarben

Als Körperfarben für die subtraktive Mischungen werden die drei **Grundfarben** Cyan, Magenta und Gelb eingesetzt. Jene Farben, die sich nicht aus anderen mischen lassen, heißen **Primärfarben**. Diese Farbzusammenstellung hat sich aus der Möglichkeit der chemischen Farbherstellung entwickelt. Traditionell wurden die Körperfarben aus den Farben Gelb, Rot und Blau gemischt und als traditionelle Grundfarben bezeichnet. Die **Sekundärfarben** entstehen durch unterschiedliche Anteile von je zwei Primärfarben. Erst durch das Mischung der drei Primärfarben entstehen die **Tertiärfarben**.

### Gegen-, Komplementär- und Kompensativfarben

Mit **Gegenfarben** werden je zwei Farben bezeichnet, deren Mischung den Farbreiz einer unbunte Farbempfindung entstehen lässt (von Weiß bis Schwarz). **Komplementärfarben** sind Misch- oder Spektralfarben, die sich zu Weiß ergänzen. **Kompensativfarben** sind jene Misch- oder Spektralfarben, die sich zu Unbunt neutralisieren, also alle Graustufen bis Schwarz, allerdings ohne Weiß.

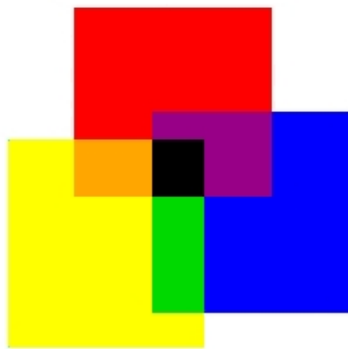


Abbildung 5.2: Traditionelle Grundfarben der Farbmischung (subtraktiv)



## 6 Die Tafeln zur Farbenlehre

### 6.1 Einige Tafeln

In dieser Arbeit werden die 16 Tafeln zur Farbenlehre nur auszugsweise behandelt. Wie im Kapitel „Aufbau und Entwicklung der Farbenlehre“ erwähnt wird, dienen die ersten sechs Tafeln dem didaktischen Teil. In diesem Bereich sind Tafel 5 und Tafel 6 enthalten, welche den Übergang in den polemischen Teil einleiten. Die Erläuterungen sind mit reichlich Spott gegen Newtons Ansichten durchsetzt.

Goethe setzt jeder Tafel eine Erklärung voraus, die den zu erreichenden Zweck beschreibt. Die Tafeln sollen Goethes Vortrag der Farbenlehre veranschaulichen und Zusammenhänge erkennen lassen.

[2]

#### Erste Tafel

Die erste Tafel besteht aus 11 Figuren. Sie kann als eine Zusammenfassung der Beobachtungen und Erkenntnisse aus dem didaktischen Teil angesehen werden. In ihr taucht auch der sechsstufige Farbenkreis auf, dessen Schema kurz erläutert wird. Neben der Anordnung für die Versuche zu den farbigen Schatten, enthält die Tafel auch Darstellungen zur Farbfehlsichtigkeit.

*Erste Tafel*

*Erste Figur. Das einfache, aber doch zur Erklärung des allgemeinen Farbenwesens völlig, hinreichende Schema. Gelb, Blau und Rot sind als Trias gegen einander über gestellt; eben so die intermediären, gemischten oder abgeleiteten. Dieses Schema hat den Vorteil, daß alle gezogenen Diameter des Zirkels ohne weiters die physiologisch geforderte Farbe angeben.*

*Will der Liebhaber weiter gehen, und einen solchen Kreis stetig und sorgfältig durchnüancieren; so wird dasjenige was hier nur dem Begriff, dem Gedanken überlassen ist, noch besser vor die Sinne zu bringen sein. Die nachfolgenden Figuren sind meistens physiologischen Erscheinungen gewidmet, die wir nunmehr, nach der Ordnung unsers Entwurfs und nicht nach den hier angeschriebenen Zahlen erläutern.*

*Zehnte Figur. Stellt vor, wie das abklingende blendende Bild, wenn das Auge sich auf einen dunklen oder hellen Grund wendet, nach und nach die Farben verändert und auf eine oder die andere Weise im entschiedenen Gegensatze abklingt.*

*Sechste Figur. Vorrichtung und Phänomen, wie die blauen und gelben Schatten bei der Morgen- und Abenddämmerung zu beobachten sind (E. 70).*

*Fünfte Figur. Bei erstgedachter Vorrichtung stand der schattenwerfende Körper in Mitte. Hier sind zwei Körper zu beiden Seiten angebracht. Diese Zeichnung ist als der Durchschnitt einer Vorrichtung anzusehen, die man sich leicht verschaffen kann.*

*Neunte Figur. Phänomen zu E. 80. Ein schwarzer Streif auf einer weißen Fläche gegen ein mit blauem Wasser gefülltes Gefäß, dessen Boden spiegelartig ist, gehalten, gibt ein Doppelbild wie es hier erscheint, das von der unteren Fläche blau, das von der obern gelbrot. Wo beide Bilder zusammentreffen findet sich das Weiße und Schwarze des abgespiegelten Bildes.*

*Dritte Figur. Drückt ohngefähr die Wirkung der E. 88 beschriebenen Erscheinungen aus.*

*Vierte Figur. Gibt Anlaß sich die subjektiven Höfe vorzustellen, obgleich dieselben zu zeichnen und zu illuminieren mehr Sorgfalt erfordern würde.*

*Zweite Figur. Ein doppeltes, in einander gefügtes Farbenschema. Das äußere, wie jenes Allgemeine der ersten Figur mit der Totalität der Farben; das innere zeigt an, wie nach unserer Meinung diejenigen Menschen, welche mit der Akyanoblepsie behaftet sind, die Farben sehen. In diesem Schema fehlt das Blaue ganz. Gelb, Gelbrot und Reinrot sehen sie mit uns; Violett und Blau wie Rosenrot, und Grün wie Gelbrot.*

*Achte Figur. Diese ist bestimmt, gedachtes Verhältnis auf eine andere Weise ausgedrückt, indem kleine farbige Scheiben erst neben einander und dann unter diese andere Scheibe gesetzt sind, welche den Akyanoblepsen völlig von der Farbe der oberen erscheinen. Die Freunde der Natur, wenn ihnen solche Personen vorkommen sich größere farbige Papiermuster zu verschaffen und ihr Examen des Subjekts darnach anzustellen. Da mehrere, welche auf diese Weise in Untersuchung genommen, in ihren Äußerungen übereinstimmen; so würde es auf alle Fälle interessant sein, noch zu erfahren, dass diese Abweichung von der gewöhnlichen Natur dennoch auf ihre Weise gesetzmäßig sei.*

*Elfte Figur. Eine Landschaft ohne Blau, wie ungefähr, nach unserer Überzeugung, der Akyanobleps die Welt sieht.*

*Siebente Figur. Eine Flamme, bei welcher der obere Teil als körperlich, gelb und gelbrot, der untere Teil, dunstartig, blau, ja schön violett, sobald ein schwarzer Grund dahinter steht, erscheint. Es ist dieser Versuch am eminentesten mit angezündetem Weingeist zu machen.*

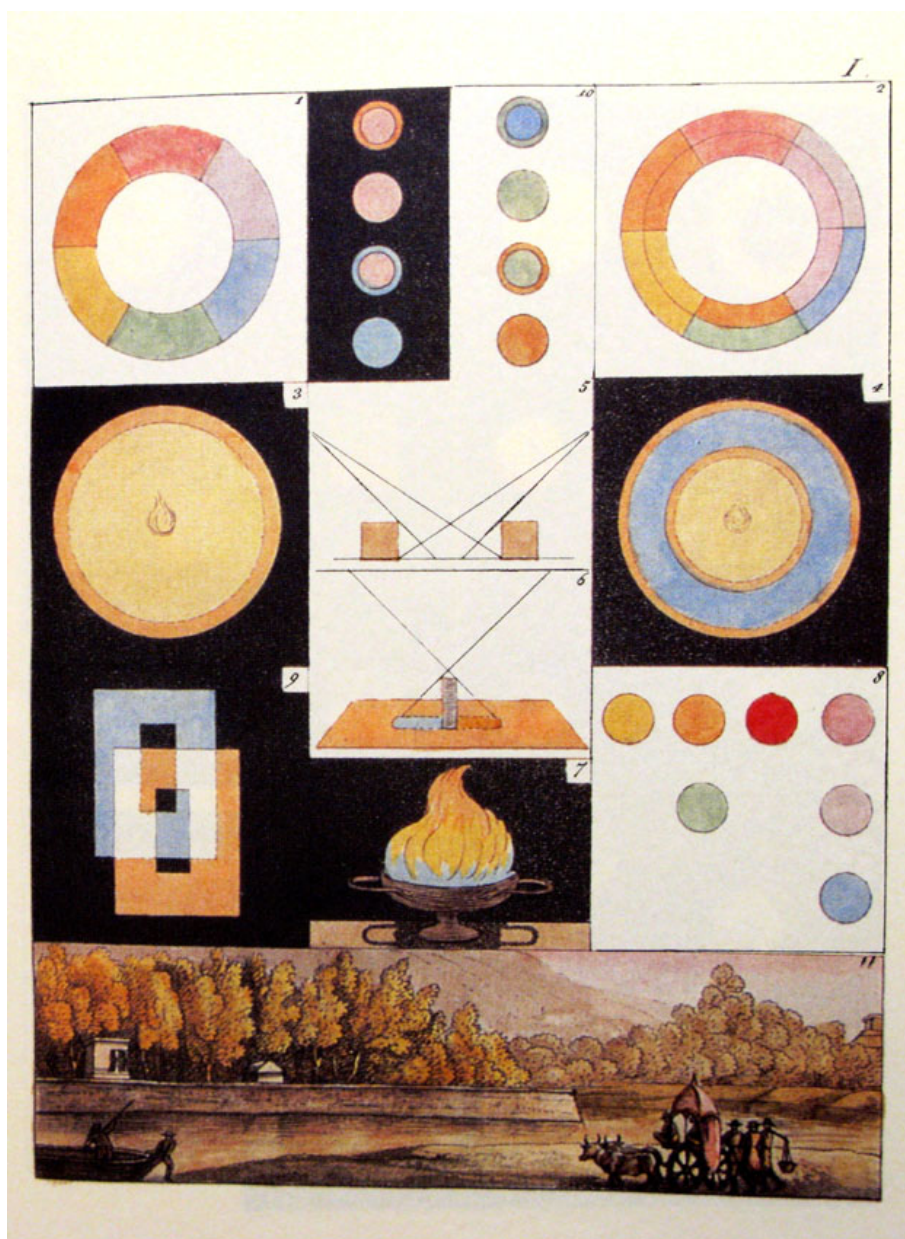


Abbildung 6.1: Tafel I

### Dritte Tafel

Die dritte Tafel dient der Beobachtung physiologischer Farben. Die Farberscheinungen können mit einem Glasprisma systematisch untersucht werden. Auf einer Drehscheibe angebracht, ermöglicht die Tafel die Beobachtung mittels eines Wasserprismas. Die Anleitung dazu liefert die Tafel XVI.

#### *Dritte Tafel*

*Diese ist mit Sorgfalt von einem jeden Liebhaber der Farbenlehre ebenfalls in der Größe einer Elle und drüber nachzubilden, weil hieran alle Versuche, die wir in dem siebzehnten und achtzehnten Kapitel unseres Entwurfs angegeben haben (wenn nämlich graue und sodann farbige Bilder durch Brechung verrückt werden) zu sehen sind. Man tut wohl, sie auf einer Scheibe zu bringen, die sich vertikal drehen lässt. Nur derjenige, der sich mit dieser Tafel, und den Kapiteln wodurch sie erläutert ist, recht bekannt gemacht, wird das Captiose und Unzulängliche des ersten Newtonischen Versuch der Optik einsehen; und es war wohl der Mühe wert, auf alle Weise jenen Irrtum bis in den letzten Winkel zu verfolgen, welchem anzuhängen nun niemand mehr erlaubt sein kann.*

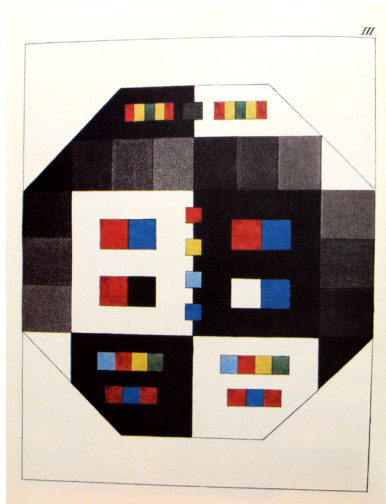


Abbildung 6.2: Tafel III

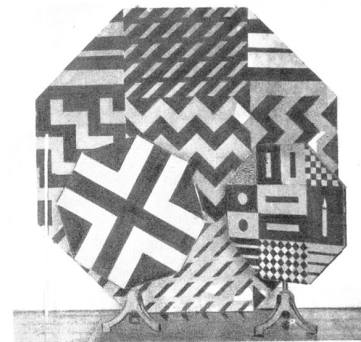


Abbildung 6.3: Tafel mit Drehgestell

### Dreizehnte Tafel

Die Tafel dient der Veranschaulichung der Farberscheinungen mittels eines Prismas. Er stellt der Newtonschen Figur, die ebenfalls abgebildet ist, drei Figuren entgegen. Newton beschreibt seine Darstellung in seinem Buch „Optik“ (Erstes Buch, Zweiter Teil, Figur 30) und wird von Goethe sowohl in der Erklärung zur Tafel als auch im polemischen Teil heftig kritisiert.



Goethe gibt drei Versuchsanordnungen zur Brechung des Lichtes an, erklärt deren Aufbau und verweist auf die Gesetzmäßigkeiten der Farbentstehung.

*Dreizehnte Tafel,  
teils der Kontroverse, teils der natürlichen Darstellung  
des Phänomens gewidmet*

*Die vierte Figur, nach einer Newtonischen kopiert, der ersten des zweiten Teils, ist gehörigen Orts (P. 325ff.) in ihrer ganzen Unrichtigkeit, Unreinheit, Falschheit und Betruglichkeit dargestellt worden.*

*Um das Phänomen, wovon die Rede ist, in seiner Ableitung kennen zu lernen, sehe man unsere oben drüber stehenden Figuren und bemerke folgendes:*

*Erste Figur. Das Lichtbild geht durch ein großes Prisma, die Farbenerscheinung entsteht an beiden Grenzen, der weißen Mitte ist eine Tafel entgegengesetzt. Durch eine Öffnung derselben fällt dieses gebrochne weiße Licht, und sogleich entstehen gesetzmäßig an den Grenzen die Farbenerscheinungen, sich verbreiternde, sich vereinigend und Grün bildend.*

*Zweite Figur. Dasselbe Prisma, derselbe Lichtdurchgang, dieselbe Farbenentstehung an den Grenzen. Hier hat man aber weder diesen entstandenen Farben, noch der weißen Mitte eine Tafel entgegengesetzt, sondern jene gehen ins Weite, in diese aber hat man ein schmales Hindernis eingeschoben, an dessen Rändern abermals die Farbenerscheinung nach dem Gesetz entsteht. Jene ersten Randerscheinungen hätten für sich bei weiterem Fortgang ein Grün hervorgebracht, nun sind aber hier, durch dieses schmale Hindernis, zwei neue Grenzen entstanden, deren äußere Seiten mit jenen ersten Randerscheinungen Grün, deren innere hingegen, nach dem Dunklen zu, Purpur hervorbringen, wodurch denn ein ganz eignes und kompliziertes Spektrum zum Vorschein kommt.*

*Dritte Figur. Hier hat man die Phänomene der beiden oberen Figuren vereinigt. Man gab dem einfallenden Licht mehr Breite, machte die Öffnung der Tafel größer, und setzte das Hindernis als einen durchschnittenen Stab vor das Prisma. Dieses ist nun eigentlich die rechte und rechtliche Darstellung desjenigen was Newton durch seine drunter stehende Figur andeuten will, wo das angebrachte Pfötchen mit einem Stäbchen die farbigen Strahlen da wegpäriert, wo sie nach der Theorie selbst noch nicht existieren.*

## 6 Die Tafeln zur Farbenlehre

*Bei unserer dritten Figur sieht man nun freilich ein noch komplizierteres Spektrum am Ende anlangen; allein es ist und bleibt doch immer dasselbe. Wir finden hier eine dreifache Randerscheinung: die erste oben und unten aus dem Prisma, welche nur bis zur Tafel gelangt, die zweite in der Mitte aus dem Prisma, an den beiden Rändern welche das Stäbchen verursacht; die dritte an den Grenzen der Öffnung, welche die Tafel lässt und wodurch die mittlere Erscheinung zugleich durchgeht.*

*Man begreift bei genauer Betrachtung dieser Normalfigur recht gut, was für verschiedenartige Erscheinungen vorkommen müssen, wenn man das Stäbchen hin und wider bewegt, so dass die dadurch neu entstehenden mit den schon entstandenen sich auf allerlei Weise verbinden, vermischen, sich irren und einander aufheben: welches aber niemanden irre machen wird, der unsere naturgemäße Ableitung kennt.*

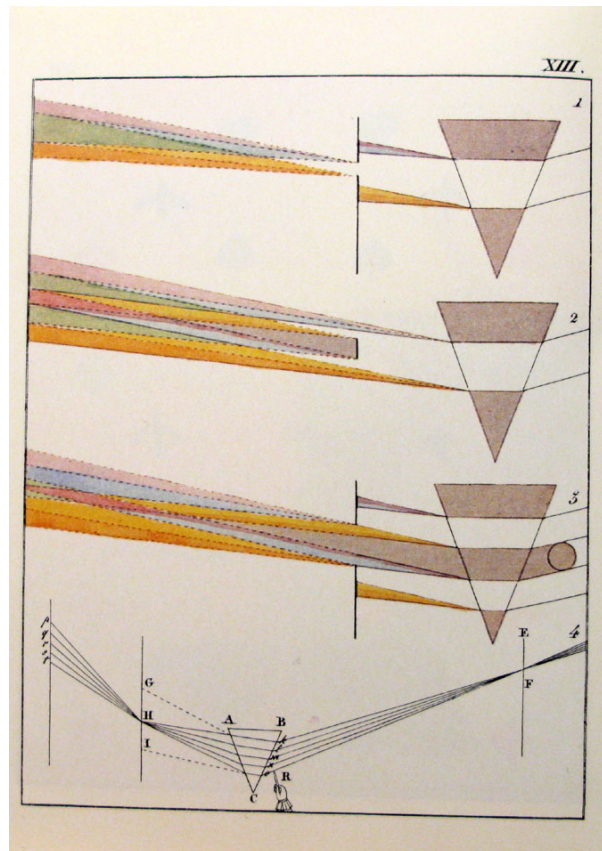


Abbildung 6.4: Tafel XIII

## Fünfzehnte Tafel

Die einzige Tafel für den historischen Teil zeigt eine Abbildung von Markus Antonius de Dominis (1566-1624), die der damaligen Erklärung der Farbentstehung eines Regenbogens diente. Die Tafel veranschaulicht die Brechung und Reflexion des Lichtes, welche durch einen Wassertropfen hervorgebracht wird. Mit einer kurzen Erklärung erläutert Goethe die Tafel und verweist auf die Behandlung im historischen Teil, wo er Antonius de Dominis als wohlgeübten Mann und originellen Beobachter vorstellt.

### Fünfzehnte Tafel

*Gehört zum historischen Teile und stellt die Figur vor, welche Antonius de Dominis, zu Versinnlichung dessen was im Regentropfen vorgeht, ausgedacht. In der angezogenen Stelle findet man seine eigene Erklärung. Wenn vom Regenbogen die Rede sein wird, müssen wir uns abermals darauf beziehen. Hier bemerken wir nur, dass er nicht, wie sein Nachfolger, die Sache mit Einem hypothetischen Strahl abtut, sondern den Durchschnitt des auf dem Grunde der Kugel zusammengezogenen Sonnenbildes, durch gg bezeichnet, naturgemäß darstellt: welches bei einer gründlichen Erklärung des Regenbogens von großer Bedeutung ist.*

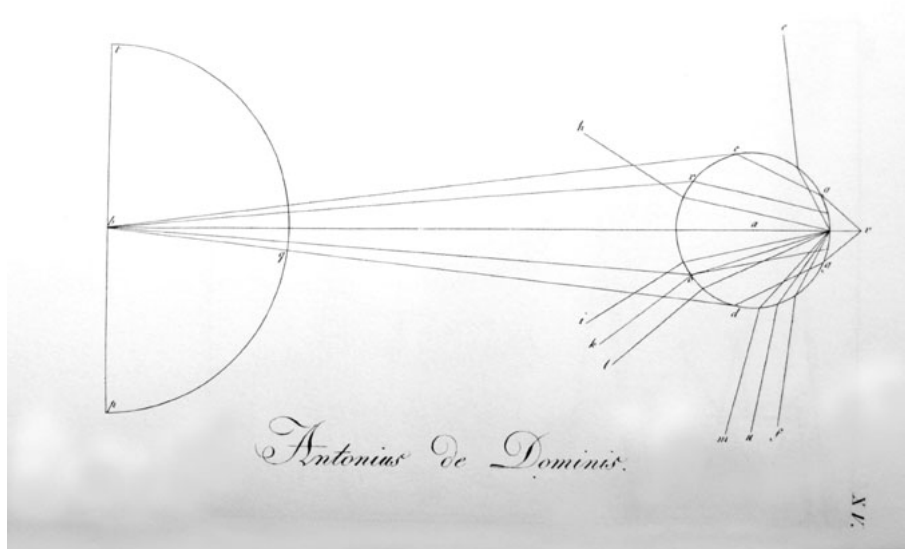


Abbildung 6.5: Tafel XV

## Sechzehnte Tafel

Zuletzt folgt noch die Tafel XVI von Goethes „hohlem Wasserprisma“, welches aus zwei Glasplatten besteht, die an Bleiwände gekittet sind. Dieser Wasserbehälter wird in ein Holzgestell gespannt. Die Lage des Prismas kann durch Schrauben genau eingestellt werden. Die Zeichnung ist mit allen Einzelheiten so ausgeführt, dass sie, wozu Goethe anregt, leicht als Grundlage zum Bau eines Wasserprismas dienen kann. Die Abbildung 6.6 zeigt ein funktionstüchtiges Modell eines solchen Wasserprismas, sowie eine Schablone, die als Blende dient.

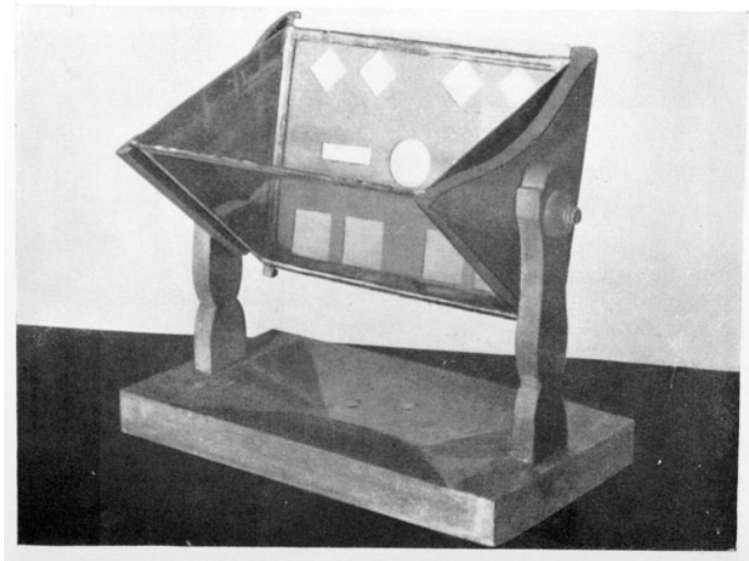


Abbildung 6.6: Wasserprisma mit Schablone

### *Sechzehnte Tafel*

*Das zusammengesetzte hohle Wasserprisma ist hier schwebend vorgestellt. Man kann seine zwei undurchsichtigen bleiernen Seiten von den durchsichtigen gläsernen leicht unterscheiden, und sieht, dass die oberste nicht zugeschlossen ist. Man erkennt das schmale Fensterblei, wodurch das ganze Instrument verbunden wird, indem die Bleizainen an den Rändern hingeführt und wohl verkittet sind. (Bleizainen = Bleileisten)*

*Es schwebt das Prisma über seinem Gestelle. Dieses hat zwei Seitenbretter mit Leisten eingefasst, um das Prisma zu empfangen. Die eine Leiste ist kurz und einfach, die andere länger und eingeschnitten. Dieser Einschnitt dient, wenn das Prisma unmittelbar an den Brettern niedergelassen ist und auf den Leisten ruht, eine ausgeschnittene Pappe vor die eine Fläche des Prismas zu schieben, um dadurch objektive Versuche hervorzubringen, welche mit subjektiven parallel gehen.*

*Die erstbeschriebenen Seitenbretter sind durch bewegliche Zapfen mit zwei Pfosten verbunden, und können durch eine Schraube an die Pfosten angezogen, oder von denselben entfernt und also dem Prisma genau angepasst werden.*

*Die beiden Pfosten stehen auf einem Boden von starkem Holz, das einwärts vertieft ist, damit das aus dem prismatischen Gefäß allenfalls auströpfelnde Wasser aufgefangen werde. Die Leisten der obenbeschriebenen Seitenbretter gehen unterwärts nicht zusammen, damit das Wasser ungehindert abträufeln könne.*

*Ob nun gleich dieses Prisma, wie es hier vorgestellt ist, leicht angeschafft werden und guten Nutzen gewähren kann; so ließe sich doch solches auf mancherlei Weise verbessern. Besonders würde dasselbe sehr gewinnen, wenn an der einen unteren Seite, genau in der Spitze des Winkels, eine mit einem verschlossenen Hahn versehene Röhre anbrächte, so dass man das Wasser bequem ablassen und das Gefäß jederzeit reinigen könnte, welches jetzt nur geschehen kann, indem man es aus dem Gestelle hebt. Wie dieses Erfordernis, und was sonst noch zu wünschen wäre, zu bewerkstelligen sei, wird ein geübter Mechaniker wohl auszudenken wissen.*

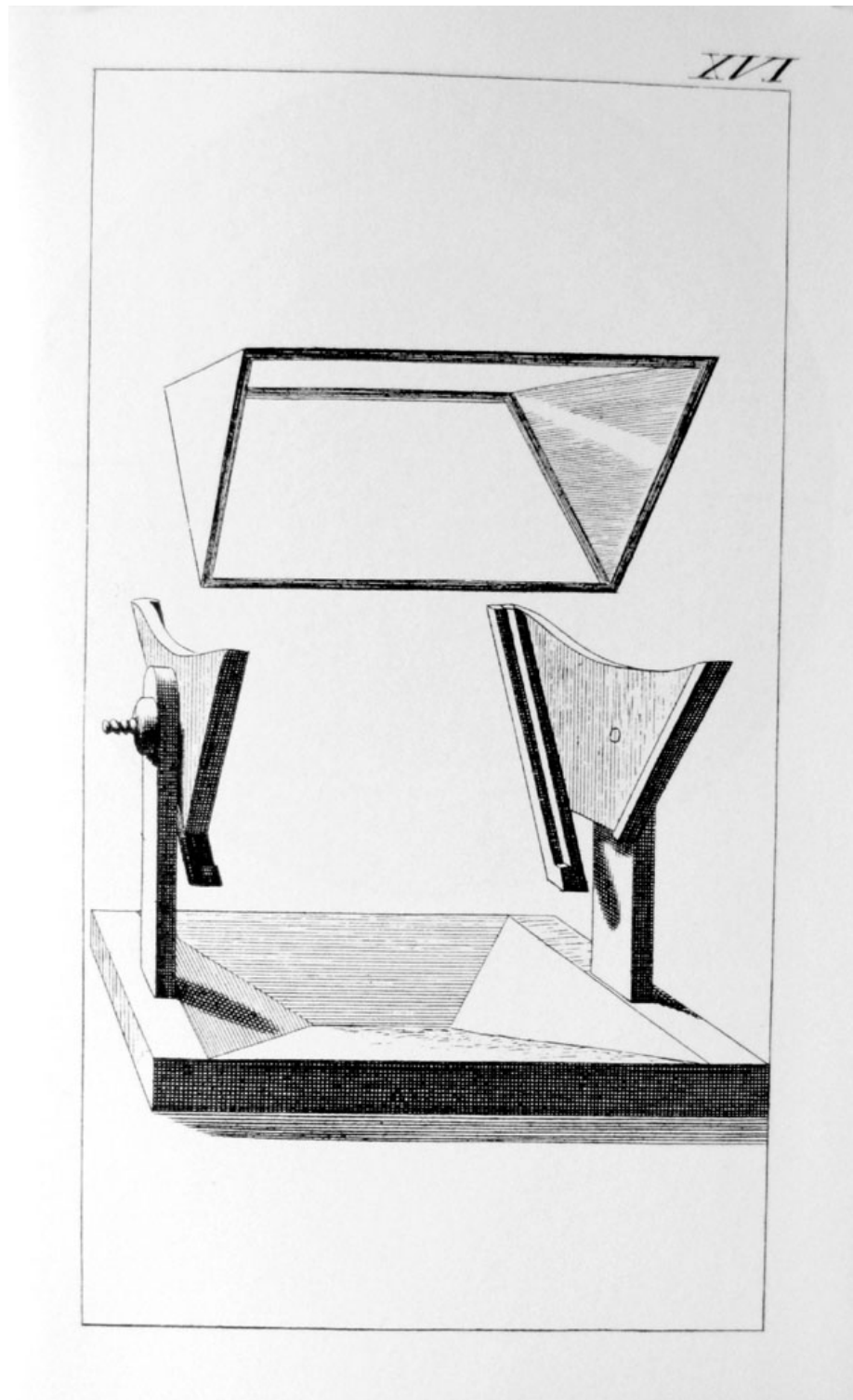


Abbildung 6.7: Tafel XVI

## 6.2 Skizzen

Goethe fertigt viele Skizzen über Farberscheinungen an. Er veranschaulicht seine Beobachtungen, ordnet sie und fasst seine Erkenntnisse zusammen. Der „Corpus der Goethe Zeichnungen“ (Band Va) beinhaltet eine Sammlung vieler Darstellungen, die der Naturforscher zur Farbenlehre anfertigte. [14]

Die Abbildung 6.8 zeigt die Originaltafel zu der Abhandlung „Von den farbigen Schat-

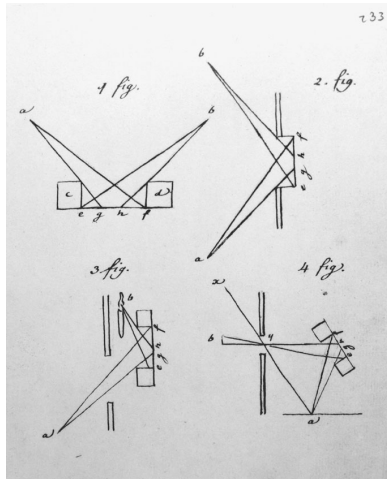


Abbildung 6.8: Skizze zu den farbigen Schatten

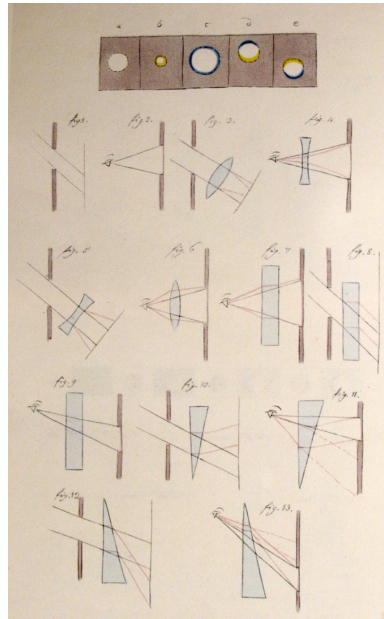


Abbildung 6.9: Originalentwurf zur Brechung des Lichts

ten“, mit Tinte gefertigt. In der Abhandlung werden die vier Figuren beschrieben und ein Schema der vorgetragenen Versuche aufgelistet.

Der Originalentwurf zu Grundversuchen über Farberscheinungen bei der Refraktion ist in der Abbildung 6.9 dargestellt und ist von Goethe in Tusche und Aquarell hergestellt. Die Abbildung stellt 13 Figuren dar, welche die Beobachtungen zeigen, die Goethe zur Untersuchung der Brechung von Licht anstellt.

[14]

## 6.3 Karten

Goethe entwickelt mehrere Tafeln, um Farberscheinungen mit einem Prisma zu zeigen, und beschreibt deren Einsatz in seiner Vorarbeit „Beiträge zur Chromatik“. Um seine Erfahrungen zur Entstehung der prismatischen Farben so schnell wie möglich seinem Pu-

## 6 Die Tafeln zur Farbenlehre

blikum bekannt zu machen, ließ er kleine Karten anfertigen. Diese sollen durch bloßes Anschauen überzeugen und lebhaftes Interesse erregen. Durch eigenes Nachdenken, so fordert Goethe sein Publikum auf, sollen noch mehrere Varianten seiner Karten erfunden und in beliebig großem Format zur Beobachtung herangezogen werden.

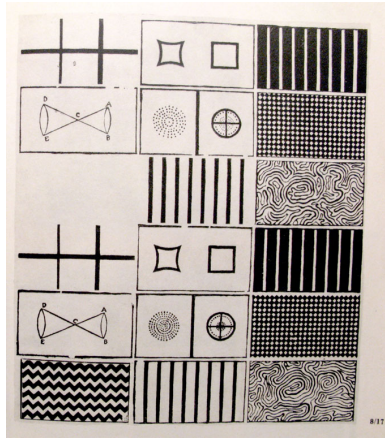


Abbildung 6.10: Erster Bogen

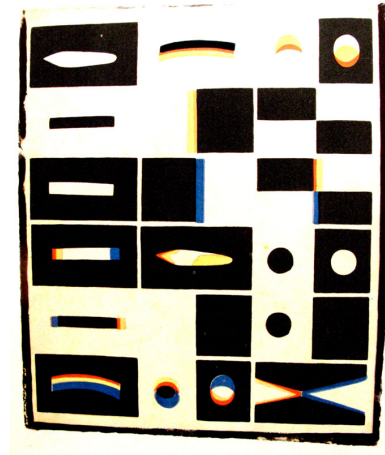


Abbildung 6.11: Zweiter Bogen

„Das optische Kartenspiel“ besteht aus 27 Karten. Diese werden aus zwei Bogen kartonstarken Papier, zu je 18 Karten geschnitten. Die Abbildung 6.10 zeigt den ersten Bogen mit 9 unbunten Karten. Die Karte Nr. 22 wird nicht mitgedruckt, sondern nachträglich in das freie Feld schabloniert. Ob sie für den Druck absichtlich ausgenommen, oder bei der Herstellung der Holzstöcke vergessen oder ein anderer Zweck damit verfolgt wurde, lässt sich nicht entscheiden. In der linken unteren Ecke ist die Karte zur Reproduktion eingelegt.

Der zweite Bogen (Abb. 6.11) bietet neben den unbunten Karten, die den Versuchszwecken dienen, auch die farbigen Darstellungen der zu beobachtenden Farberscheinungen.

[5] [14]



# 7 Der Farbenkreis und andere Darstellungen

## 7.1 Entwicklung von Farbmodellen

### Erste Zuordnungen

Erst nachdem die praktischen Bedürfnisse der Menschen in der Färberei erfüllt waren, entwickeln sich theoretische Überlegungen und Zuordnungen. Zwischen den vier Elementen, den vier Farben und den vier Jahreszeiten, glaubt man im Altertum eine innere Verwandtschaft zu entdecken: Die Erde entspreche dem Grün und dem Frühling, das Feuer dem Rot und dem Sommer, das Wasser dem Blau und dem Herbst, die Luft dem Weiß und dem Winter. [16]

Die Pythagoräer beschäftigten sich mit Sinnesempfindungen. Sie führen die ersten Begriffe ein und nennen die Oberfläche und Außenseite der Körper Farbe. Nach ihrer Ansicht sind Oberfläche und Farbe nicht zu trennen. [15]

### Aristoteles Ansicht

Das im Licht Gesehene ist Farbe und diese Farbe kann ohne Licht nicht gesehen werden. Die Wechselwirkung von Licht mit dem Durchsichtigen, z.B. eines trüben, durchscheinenden Mediums, erregt den Farbeindruck. Das Durchsichtige ist von der Art wie Luft, Wasser oder wie ein transparenter Körper, die an sich nicht sichtbar sind, aber eine gemeinsame Eigenschaft besitzen. Diese Eigenschaft kann dem Tätigwerden unter Lichteinfluss gleichgesetzt werden. Die Farbe ist nach Aristoteles Ansicht in der Grenze oder die Grenze selbst des Durchsichtigen in den Körpern. Daraus entsteht der Begriff der Farbe. Auch die Pythagoräer nennen die Oberfläche von Gegenständen Farbe.

*Das Sichtbare nun, von dem wir reden, ist einmal die Farbe. (...) Alle Farbe aber ist ein Erregendes des actu Durchsichtigen. Und dies ist seine Natur. Daher ist ohne Licht Farbe nicht sichtbar, sondern jede Farbe ist durchaus nur im Lichte sichtbar.*

Historischer Teil, Erste Abteilung, Aristoteles [2]

Mit dem actu<sup>1</sup> Durchsichtigen beschreibt Goethe die Tätigkeit des Lichtes. Diese Tätigkeit bewirkt eine Farberscheinung.

---

<sup>1</sup>lat.: actus = Tätigkeit

## 7 Der Farbenkreis und andere Darstellungen

*Die Farben sind Taten des Lichts, Taten und Leiden. In diesem Sinne können wir von denselben Aufschlüsse über das Licht erwarten.*  
Zur Farbenlehre, Vorwort [2]

Im historischen Teil beschreibt Goethe die Ansicht Aristoteles, welcher alle Farben aus der Mischung des Weißen und Schwarzen, aus Licht und Finsternis entstehen sieht. Aristoteles ordnet die sich ergebenden Farben dem Geschmack zu, denn beide bestehen aus 7 Arten. So wie sich die Farben zwischen Weiß und Schwarz befinden, liegen die Geschmackstufen zwischen süß und bitter. Das Zahlenverhältnis des Mehr oder Weniger bestimmt dabei die Farbe bzw. den angenehmen Geschmack.

Das Gelbe gehört zum Weißen, wie das Fette zum Süßen. Das Rote, Violette, Grüne und Blaue liegt zwischen dem Weißen und Schwarzen. Die übrigen Farben sind aus diesen gemischt. Die Geschmackstufen verlaufen vom Süßen, Fetten, Beißenden, Herben, Sauren über das Salzige zum Bitteren.

Welche Zahlenverhältnisse erforderlich sind, wird nicht angegeben. Erwähnt wird allerdings, dass Grau durch alleiniges Mischen von Schwarz und Weiß entsteht.

Die Ausführungen Aristoteles in der Schrift „peri chromatōn“ übersetzt Goethe 1801. Er stellt sie im Historischen Teil unter „Theophrast oder vielmehr Aristoteles von den Farben“ dar und teilt diese, von ihm als erste Farbtheorie anerkannte Theorie, in sechs Kapitel.

1. Von den einfachen Farben
2. Von den mittlern oder gemischten (Farben)
3. Von der Unbestimmbarkeit der Farben
4. Von den künstlichen Farben
5. Von der Veränderung der Farben an den Pflanzen durch organische Kochung
6. Von den Farben der Haare, Federn und Häute

[15]

## 7.2 Darstellungen von Farbsystemen in der Ebene

### Robert Grosseteste (um 1175-1253)

Als Kanzler der Universität Oxford veröffentlichte er ein Buch mit dem Titel „De colore“. Die Abbildung 7.1 zeigt die Darstellung von Grosseteste, in der er seine sieben gleichwertigen Grundfarben in eine horizontale lineare Ordnung bringt. In welcher Reihenfolge diese sieben Farben zwischen Weiß („Lux clara“ oder „Albedo“) und Schwarz („Lux obscura“ oder „Nigredo“) angebracht sind, ist nicht bekannt. Grosseteste ist der Erste, der die

bisher praktizierte lineare Anordnung der Farben nach ihrer Helligkeit aufgibt und öffnet dem Farbsystem durch die Herausnahme von Schwarz und Weiß eine neue Dimension.

[21] [22]

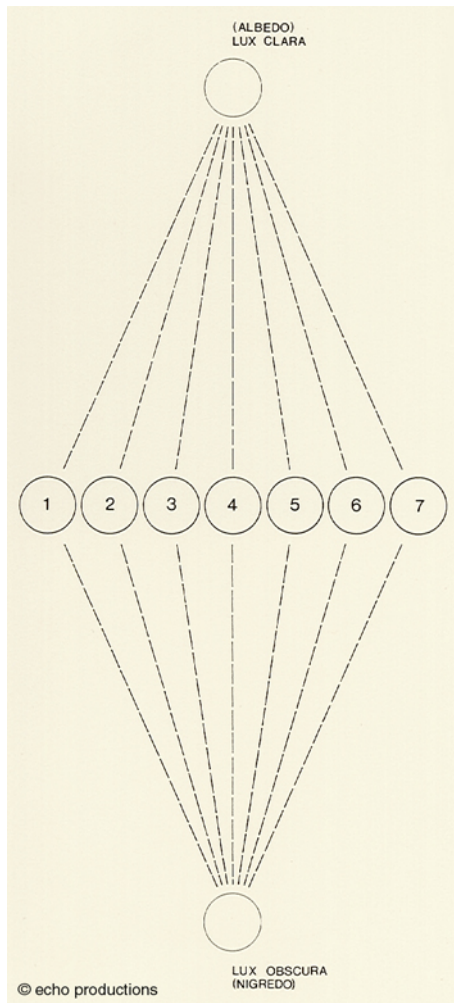


Abbildung 7.2: Lineare Farbordnung von Leonardo da Vinci

Abbildung 7.1: Zweidimensionale Farbordnung von Robert Grosseteste

### Leonardo da Vinci (1452-1519)

Leonardo da Vinci gilt als Universalgenie und liefert überragende Ergebnisse als Maler, Bildhauer, Architekt, Naturforscher und Ingenieur. In seiner Schrift „Traktat von der Malerei“ setzt er sich mit den philosophischen Grundlagen der Malerei auseinander. Er unterscheidet eine mechanische von einer wissenschaftlichen Erkenntnis und versucht einen Verbindungsweg zwischen der Malerei und der Wissenschaft aufzuzeigen. Der Naturforscher ist der Überzeugung, dass keine menschliche Forschung wahre Wissenschaft

## 7 Der Farbenkreis und andere Darstellungen

heißen kann, wenn sie ihren Weg nicht durch die mathematische Darlegung und Beweisführung her nimmt. In seiner Schrift „Vom Irrtum derer, welche die Praxis üben ohne Wissenschaft“, erklärt er: *„Diejenigen, welche sich in Praxis ohne Wissenschaft verlieben (...) wie Schiffer, die ohne Steuerruder und ohne Kompass zu Schiffen gehen, sie sind nie sicher, wohin sie gehen. Die Praxis soll stets auf guter Theorie aufgebaut sein.“* [21]

Leonardo hat sich intensiv mit einer Farbentheorie beschäftigt und unterscheidet sechs einfache und acht natürliche Farben. Der Unterschied zwischen diesen Farbbezeichnungen ist jedoch nicht nachzuvollziehen. Er schreibt: *„Einfache Farben nenne ich die, die nicht zusammengesetzt sind und sich auch nicht auf dem Wege der Mischung anderer Farben zusammensetzen lassen.“* [21]

Die Abbildung 7.2 zeigt die sechs einfachen Farben (colori semplici) in einer linearen Skala die um 1510 entstand.

Ein Widerspruch ergibt sich jedoch, indem er Blau und Grün nun als zusammengesetzte Farben bezeichnet: „Das Blau und das Grün sind nicht einfach für sich. Denn das Blau setzt sich aus Licht und Finsternis zusammen, wie das Blau der Luft, aus vollkommenem Schwarz und vollkommenem Weiß nämlich. Das Grün setzt sich aus einer einfachen und einer zusammengesetzten zusammen, nämlich aus Gelb und Blau.“ [21]

Die natürlichen Farben beschreibt er folgendermaßen: *„Nach Schwarz und Weiß folgen Blau und Gelb, darauf das Grün und das Löwenfarben, oder Lohfarben, oder Ocker, wie man's nennt; dann das Brombeerfarben und das Rot. Das sind acht Farben, und mehr natürliche Farben gibt es nicht.“* [21]

Hier bezeichnet Leonardo bereits die acht Farben, die man heute die acht Grundfarben nennt. Allerdings wird der Löwenfarbe das Orangerot und der Brombeerfarbe das Violettblau zugeordnet. Dies sind die acht Farben, welche nicht durch Mischung deckender Farbstoffe hervorgebracht werden können.

[21] [22]

### Franciscus Aguilonius (1546-1617)

In seiner Schrift „Opticorum libri sex“<sup>2</sup> zeigt der Jesuit Aguilonius die vermutlich erste systematisch geometrische Ordnung der Farben. Er entwickelte eine lineare Ordnung der Farben zwischen Weiß und Schwarz, welche der griechischen Überzeugung entspricht, dass alle Farben zwischen Licht und Finsternis entstehen.

Die Darstellung (Abb. 7.3) lässt einen kontinuierlichen Übergang der Farben vermuten. In der Anordnung Weiß (albus), Gelb (flavus), Rot (rubeus), Blau (caeruleus) und Schwarz (niger) kann Grün (viridis) jedoch nicht untergebracht werden. Deshalb baut

---

<sup>2</sup>Sechs Bücher über Optik

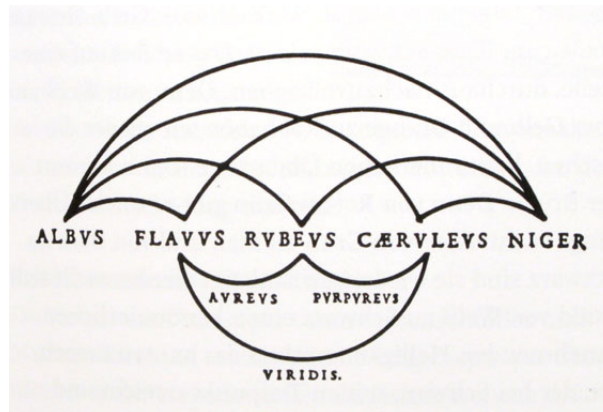


Abbildung 7.3: Farbanordnung nach Franciscus Aguilonius

Aguilonius zwischen Gelb und Blau eine parallele Strecke auf. Zwei weitere Mischungen, nämlich Gold (aureus) und Purpur (purpureus), werden mittels Bogen dargestellt. Die Bogen über der linearen Farbanordnung sollen bedeuten, dass grundsätzlich jede dieser Farben mit jeder anderen gemischt werden kann.

[21]

### Robert Fludd (1574-1637)

Der „Colorum Annulus“<sup>3</sup> von Robert Fludd ist die erste uns bekannte Darstellung eines Farbenkreises. In der kreisförmigen Anordnung will Fludd zeigen, dass es neben den Buntfarben auch zwischen Schwarz und Weiß logische, kontinuierliche Übergänge gibt. Da er die Farben entsprechend ihrer Helligkeit ordnet, wird folgender Ablauf gewählt: Weiß (albus), Gelb (flavus), Orange bzw. Safrangelb (croceus), Rot (rubeus), Grün (viridis), Blau (caeruleus) und Schwarz (niger).

Diese Anordnung (Abb. 7.4) ist bis auf den Übergang von Rot nach Grün nachvollziehbar, denn von Weiß über Gelb und Orange zu Rot verlaufen die Übergänge stufenlos. Dann kommt der Bruch von Rot zu Grün, der keinen kontinuierlichen Verlauf zulässt. Danach von Grün zu Blau und weiter zu Schwarz ist der stufenlose Übergang wieder vorhanden. Fludd stellt sich einen kontinuierlichen Verlauf der Farben vor, der an Helligkeit bei Schwarz seinen Tiefpunkt erreicht und dann von Schwarz über den Verlauf der Graustufen bei Weiß wieder seinen Höhepunkt findet.

[21] [22]

### Richard Waller (Ende 17. Jh.)

Richard Waller verlässt die bisher übliche Farbanordnung nach Helligkeit und die bis dahin gebräuchlichen sieben bunten Farben. Er wählt für seinen Ordnungsversuch die

<sup>3</sup>Ring der Farben

## 7 Der Farbenkreis und andere Darstellungen

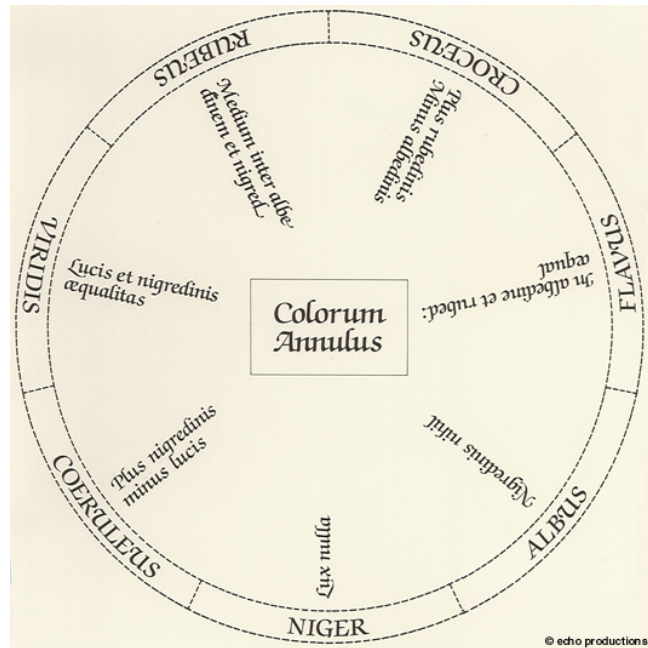


Abbildung 7.4: Erster Farbenkreis von Robert Fludd

geometrische Form des in Abbildung 7.5 gezeigten Quadrates. Darin ordnet er die bunten Farben Gelb, Rot, Blau und Grün so an, dass jede von ihnen in der Mitte einer Quadratseite sitzt und die Farben kontinuierlich ineinander übergehen. [21]

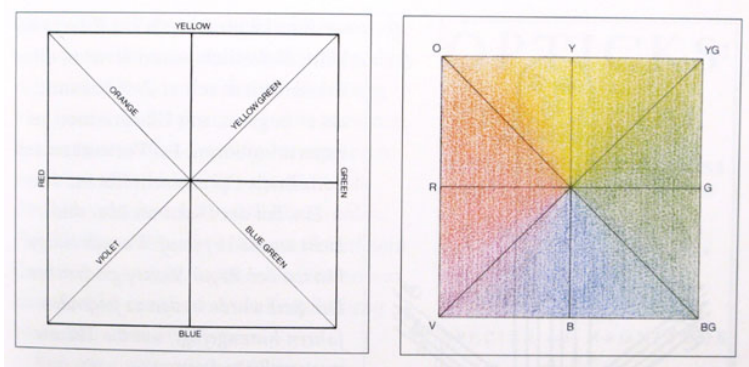


Abbildung 7.5: Farbanordnung in einem Quadrat von Richard Waller

### Isaak Newton (1643-1727)

Isaak Newton bringt als Astronom, Physiker und Mathematiker bahnbrechende neue theoretische Ansätze. Er beschäftigt sich mit der Verbesserung von Teleskopen, welche durch Farbsäume in den Rändern ein unscharfes Abbild erzeugen. Dieses unscharfe Bild ist für ihn der Grund, sich intensiv mit der Natur des Lichtes auseinander zu setzen.

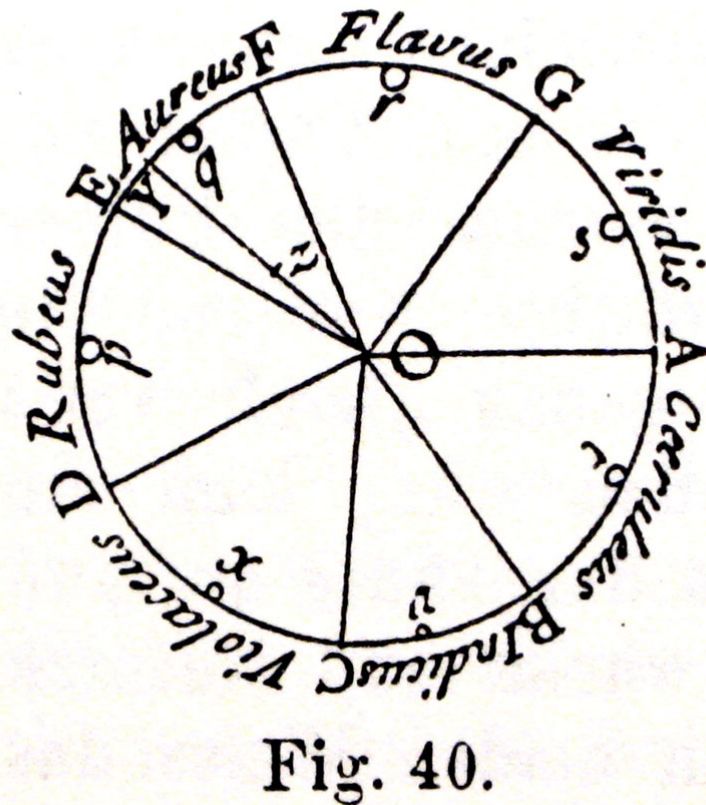


Abbildung 7.6: Farbenkreis von Isaak Newton

Newton zeigt in seinen Experimenten, dass Licht aus verschiedenen Elementen zusammengesetzt ist. Mit seiner Erkenntnis über die Struktur des Lichtes hat er die Grundlage einer neuen Farbentheorie geschaffen. Er führt die Farberscheinungen auf unterschiedliche Energiestrahlung des Lichtes zurück. Newton spricht dabei von z.B. rot erregenden Strahlen und nicht von roten Strahlen.

## 7 Der Farbenkreis und andere Darstellungen

Im ersten Buch, zweiter Teil, schreibt er in seinem Werk „Opticks“: *„Das homogene Licht und die Strahlen, welche roth erscheinen oder vielmehr welche die Gegenstände roth erscheinen lassen, nenne ich "Roth erregende", die Lichtstrahlen, welche die Körper gelb, grün, blau und violett erscheinen lassen, Gelb erregende, Grün, Blau, Violett erregende u.s.w. Und wenn ich einmal von Lichtstrahlen als farbigen oder gefärbten Strahlen spreche, so ist dies nicht wissenschaftlich oder im strengsten Sinne zu verstehen, sondern als gewöhnlicher, volksthümlicher Ausdruck, entsprechend der Vorstellung, die das gemeine Volk beim Anblick dieser Versuche bilden würde. Denn streng genommen sind die Strahlen nicht gefärbt; in ihnen liegt nichts, als eine gewisse Kraft und Fähigkeit, die Empfindung dieser oder jener Farbe zu erregen.“* [26]

Dies deutet darauf hin, dass er sich durchaus darüber im Klaren war, dass Farben immer nur als Empfindung beim Betrachter entstehen.

Damals ist allgemein bekannt, dass bunte Farben entstehen, wenn Licht durch die Facette eines Spiegels oder eines geschliffenen Glases gebrochen wird. Newton beschreibt die Brechung des Lichtes durch ein Prisma und hat die Farben des Spektrums in seinem Farbenkreis angeordnet.

Newton hat die Farben des Spektrums in einem Kreis (Abb. 7.6) geordnet, welcher in sieben Sektoren unterschiedlicher Größe geteilt wird. Die Größe der Kreissektoren ist proportional zur Intensität der jeweiligen Farbe im Spektrum. Die sieben Farben benennt Newton: Rot (Rubeus), Goldgelb bzw. Orange (Aureus), Gelb (Flavus), Grün (Viridis), Blau (Caeruleus), Indigo (Indicus) und Violett (Violaceus).

Newtons Farbenkreis sollte nicht nur ein Ordnungssystem der sieben bunte Farben, sondern auch ein Ordnungssystem für Mischungen darstellen. Er setzt Weiß in den Kreismittelpunkt und beschreibt, wie die bunten Spektralfarben des Außenkreises in Richtung Zentrum immer mehr verweißlicht werden. Die Farbe verliert an Intensität und wird weiß. [21] [26]

### Claude Boutet: Erster farbig ausgeführter Farbenkreis (1708)

Basierend auf die Newtonsche Farbanordnung ist die Darstellung (Abb. 7.7) von Claude Boutet um 1708 der erste farbig ausgeführte Farbenkreis. In seinem Buch „Traité de la Peinture en Mignature“<sup>4</sup> ordnet er die sieben Farben des Newton'schen Farbenkreises nebeneinander an. Allerdings verwendet der Künstler Feuerrot (Rouge de feu) und Karmesinrot (Rouge Carmoisi), statt des in Newtons Farbkreis vorkommenden Indigo, welches damals schwer herzustellen war. Die Farben für Orange und Violett wurden vermutlich irrtümlich vertauscht. [27]

---

<sup>4</sup>Abhandlung von der Malerei



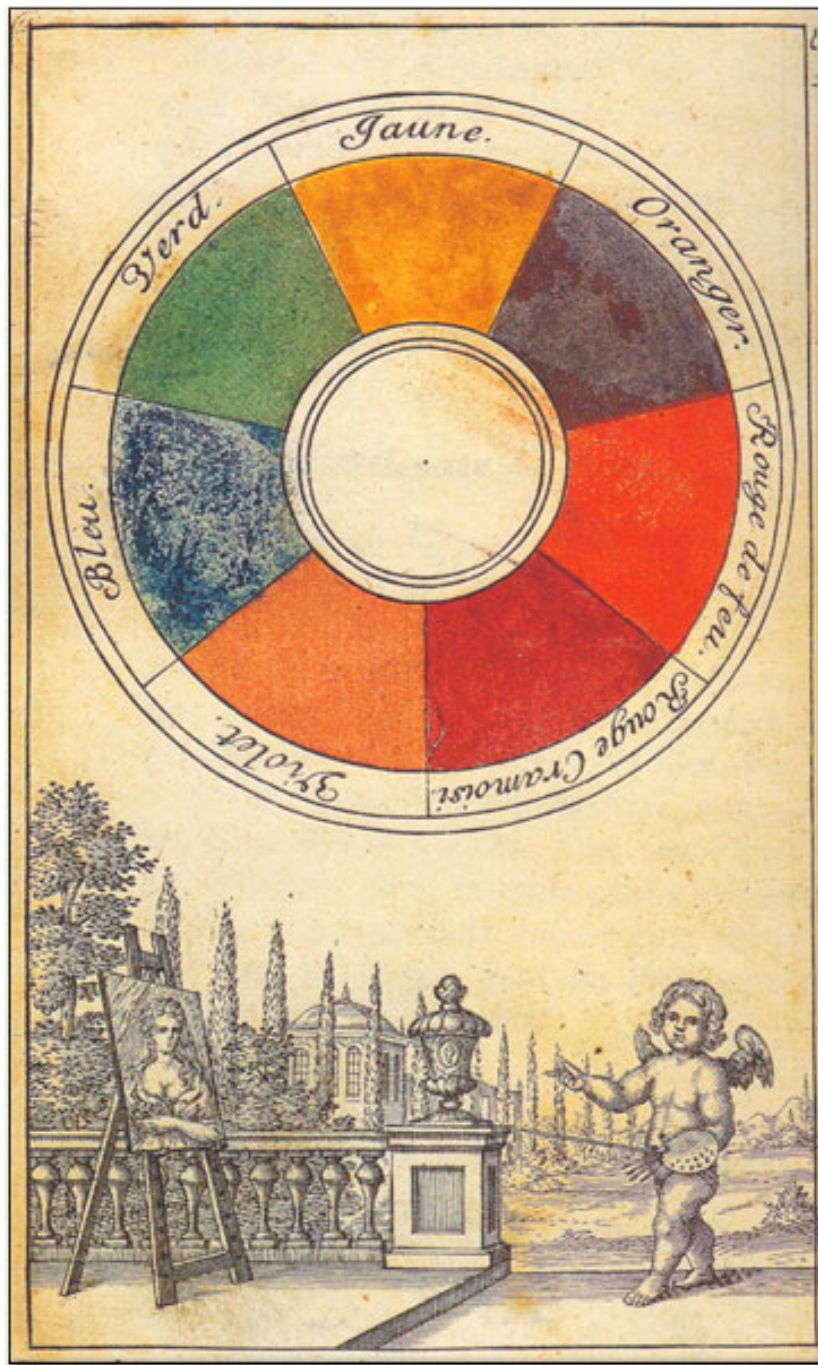


Abbildung 7.7: Erster farbig dargestellter Farbkreis von Claude Boutet

### Moses Harris (1731-1785)

Moses Harris veröffentlicht in seinem Buch „The Natural System of Colours“<sup>5</sup> (1766) den ersten Farbenkreis (Abb. 7.8), der die Übergänge zwischen den benachbarten Farben zeigt. Er geht von drei Grundfarben Gelb, Rot und Blau aus und setzt zwischen je zwei von ihnen die Farbe Orange, Grün und Purpur. [21]

Harris bezeichnet 18 Farbtöne und unterteilt diese zur Mitte hin in zehn Stufen. Auf diese Weise entsteht ein logisch aufgebautes Farbordnungssystem mit 180 Farbnuancen.

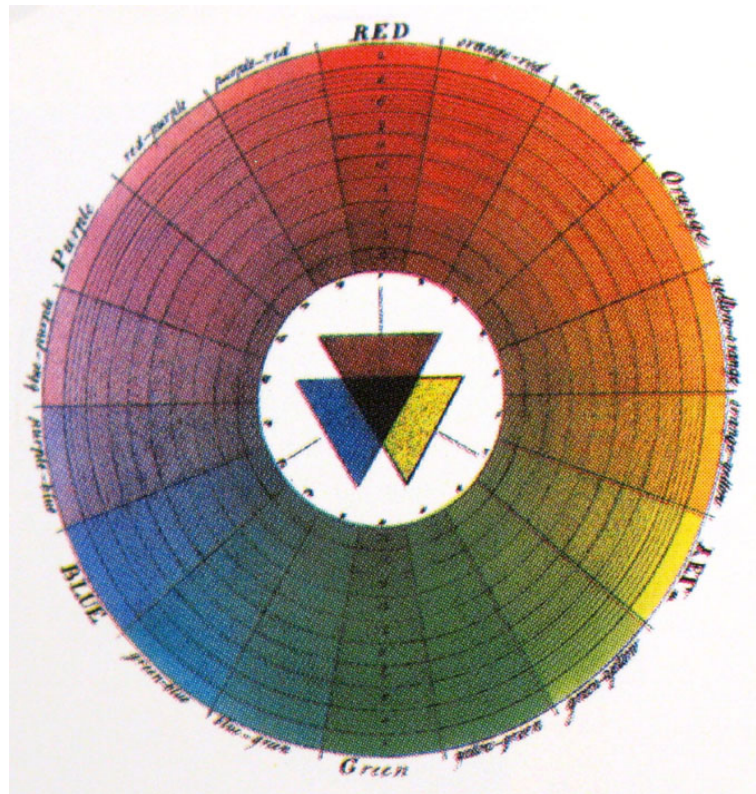


Abbildung 7.8: Farbenkreis mit Übergänge von Moses Harris

---

<sup>5</sup>Das natürliche System der Farben

## 7.3 Darstellungen von Farbsystemen im Raum

### Johann Heinrich Lambert (1728-1777)

Der Mathematiker und Naturforscher Johann Heinrich Lambert, nachdem auch das Lambert-Beersche Gesetz benannt ist, zeigt als erster eine dreidimensionale Farbordnung in Form einer Pyramide (Abb. 7.9). Dabei setzt er die Farben Zinnoberrot, Königsgelb und Bergblau in die Ecken des Dreiecks der Grundebene. Zwischen jeweils zwei Eckfarben fügt er sieben durch Mischung entstehende Stufen ein. So ergeben sich 45 Farbnuancen in der Grundfläche mit einem gemischten Schwarz in der Mitte des Dreiecks. In der Spitze der Pyramide befindet sich Weiß. Insgesamt enthalten die sieben dargestellten Schnittebenen 108 Farbnuancen. [10]

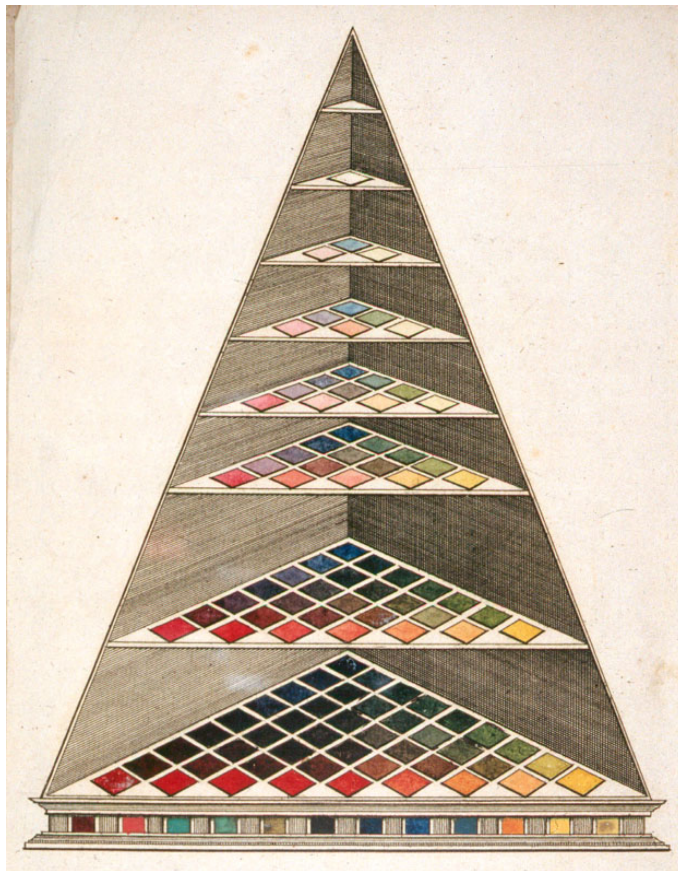


Abbildung 7.9: Dreidimensionale Farbordnung von Johann H. Lambert



### Tobias Mayer (1723-1762)

Der Mathematiker und Astronom Tobias Mayer stellt eine Farbenordnung in Form einer dreiseitigen Doppelpyramide (Dreikant-Doppelpyramide) auf. In den Ecken der Pyramide setzt er die Farben Gelb, Rot und Blau. Durch die Mitte des Dreiecks verläuft eine Achse (Grauachse) mit Weiß an der oberen Spitze und Schwarz an der unteren Spitze der Pyramide.

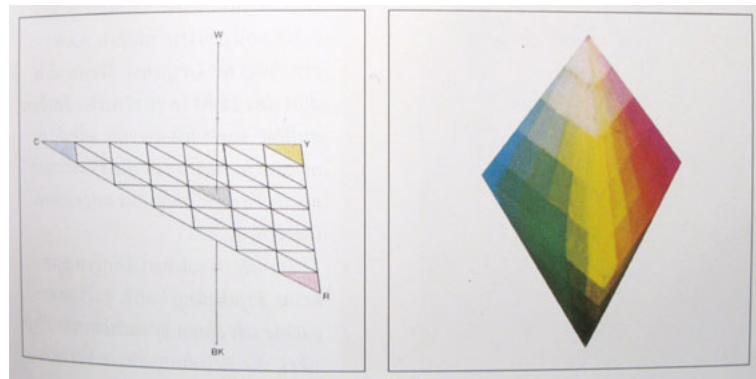


Abbildung 7.10: Doppelpyramide von Tobias Mayer

Mayer unterteilt die Abstände zwischen je zwei Farben in 12 Teile, entsprechend den Halbtönen einer Oktave. Auf diese Weise erhält er 36 Buntarten und kennzeichnet das jeweilige Mischungsverhältnis durch Angabe der Mengenteile. Die Buntart r6g6 wird aus jeweils 6 Mengenteilen von Rot und Gelb gemischt. Weiß und Schwarz dienen nach Mayer zur Aufhellung und Verdunklung der Buntart-Nuancen. [10]

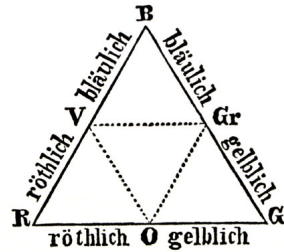
### Philipp Otto Runge (1777-1810)

Der Maler Philipp Otto Runge, ein Zeitgenosse Goethes, beschäftigt sich intensiv mit den Gesetzmäßigkeiten des Mischens der Farbe. Er sucht nach Möglichkeiten die Farbe in ihrer Totalität und ihren Verhältnissen zu Licht und Finsternis, zu Hell und Dunkel, zu Schwarz und Weiß zu begreifen. Extreme Helligkeit führt zur Funktionsuntüchtigkeit des Auges und bei absoluter Dunkelheit kann die Umgebung mit dem Auge ebenfalls nicht wahrgenommen werden. Gegenstände und Farben werden nur bei gemäßigten Verhältnissen zwischen Helligkeit und Dunkelheit erkannt.

Im gleichen Jahr, in dem Goethe seine Farbenlehre veröffentlicht, erscheint Runges Schrift „Die Farben-Kugel“ (1810). Als Maler verfügt Runge über ausgiebige Erfahrung im Herstellen und Mischen von Farbe. Dabei steht er in regem Gedankenaustausch mit Goethe über eine Farbentheorie.

Runge geht von den reinen Farben Gelb (G), Rot (R) und Blau (B) sowie von Weiß

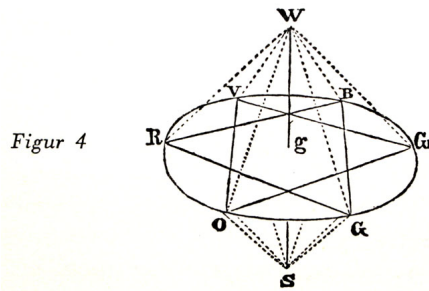
(W) und Schwarz (S) aus und bezeichnet diese als die fünf Elementarfarben. Keine dieser Farben enthält Zusätze einer anderen. Jede stellt eine individuelle Qualität dar. Diese mischungsfreien Farben sind ideale Gebilde wie der dimensionslose Punkt in der Mathematik und lassen sich in der Praxis nur näherungsweise verwirklichen.



Figur 3

Abbildung 7.11: Dreieck als Ausgangssystem für die Farbordnung

Die reinen Farben befinden sich bei Runge an den Ecken (Abb. 7.11) eines gleichseitigen Dreiecks. Je zwei im gleichen Verhältnis gemischte reine Farben ergeben die reinen Mischfarben Grün (Gr), Orange (O) und Violett (V).



Figur 4

Abbildung 7.12: Räumliche Darstellung von Runges Modell

Da alle Farben in einem allgemeinen Verhältnis zu Weiß und Schwarz stehen, ordnet Runge alle Farben auf einem Kreis (Abb. 7.12) an. Weiß und Schwarz liegen in gleicher Entfernung zum Mittelpunkt auf der Achse senkrecht zur Kreisfläche durch den Mittelpunkt. Somit erhält Runge sein Modell der Farbenkugel (Abb. 7.13). Die reinen Farben und ihre Mischungen befinden sich auf dem Äquator. Weiß und Schwarz liegen an den Polen und sind durch die Grauachse verbunden. Vom Äquator nach oben zu Weiß werden die Farben aufgehellt, nach unten zu Schwarz abgedunkelt und zur Polachse werden sie immer unbunter bis zu Grau. Die Graustufen werden sowohl als Mischung von Weiß und Schwarz als auch von den diametral auf der Kugeloberfläche liegenden Farben beschrieben.

[10] [28] [21]

## 7 Der Farbenkreis und andere Darstellungen

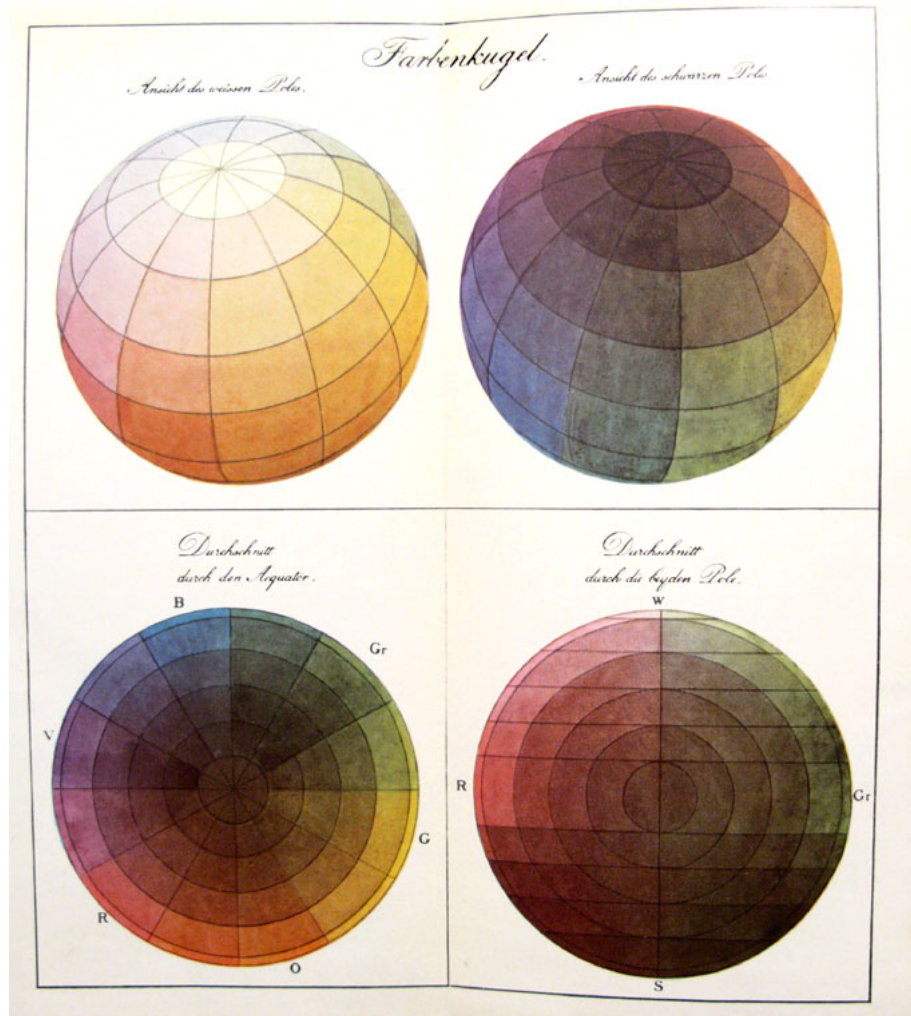


Abbildung 7.13: Farbkugel von Philipp O. Runge

Runge sieht die Finsternis als aktiven Gegenpol zum Licht. Dies ist auch Goethes Anschauung. Die Farbe ist für Runge die gemäße Erscheinung des Lichtes, welches den Menschen „unverhüllt“ blenden würde. [29]

## 7.4 Goethes Farbenkreis

Goethe beschreibt das Schema des Kreises erstmals 1793 in einem knappen Entwurf „Über die Einteilung der Farben und ihr Verhältnis gegeneinander“. Er teilt die Farben in ein warmes und kaltes Halbspektrum und benennt Gelb und Blau als ganz reine Farben. Rot sieht Goethe als Eigenschaft, welche dem Gelben und Blauen zukommen kann. Bei der Steigerung von Gelb über Gelbrot und Rotgelb entsteht als höchste Stufe Rot. [12]

Im Farbenkreis sind Purpur, Blaurot, Blau, Grün, Gelb und Gelbrot angeordnet. Ein Rot ohne Eindruck von Gelb oder Blau nennt Goethe der hohen Würde wegen Purpur, obgleich er die Disposition ins Blaue kennt.

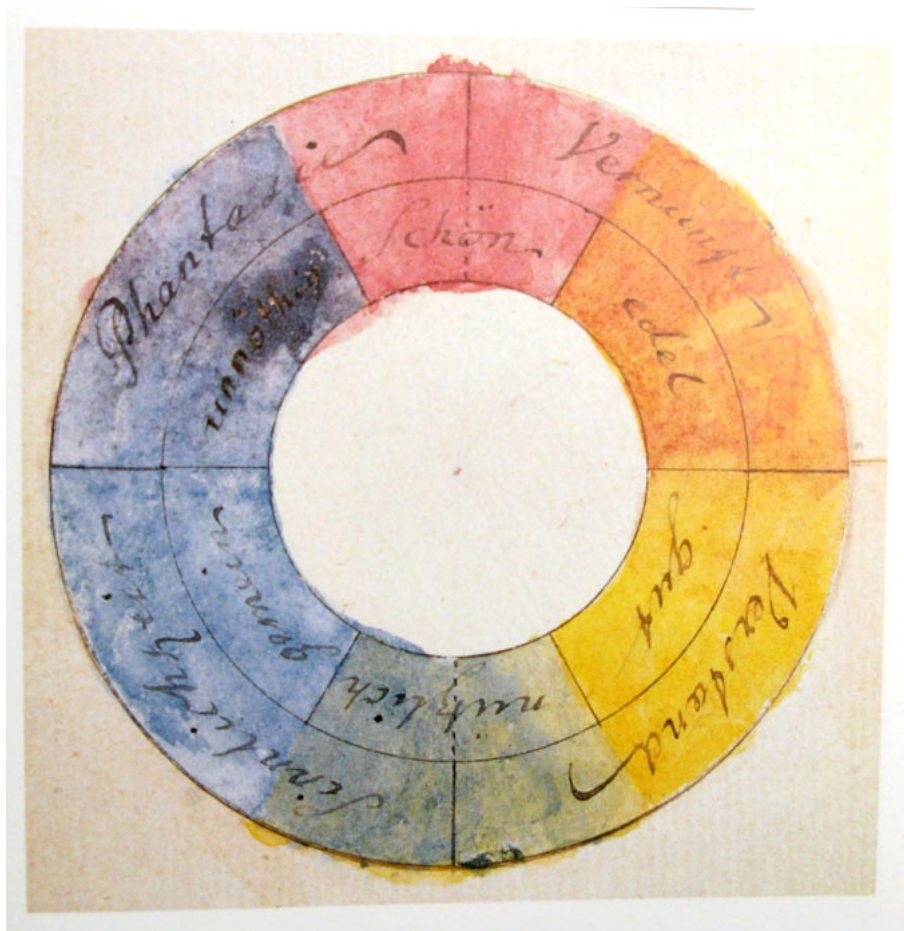


Abbildung 7.14: Farbenkreis von Goethe

## 7 Der Farbenkreis und andere Darstellungen

*Purpur, der so viele Nuancen haben kann, als es Übergänge vom Gelbroten zum Blauroten gibt. Die Vermischung geschieht am reinsten und vollkommensten bei prismatischen Versuchen; die Chemie wird uns die Übergänge sehr interessant zeigen.*

„Versuch, die Elemente der Farbenlehre zu entdecken“, Von farbigen Flächen [5]

Goethe entwickelt Karten für die prismatischen Versuche und entwirft Illustrationstafeln zur Farbenlehre. Mit der Visualisierung der Prozesse klärt er seine Gedanken. Als Vortragender erkennt er auch den praktischen Nutzen der Tafeln für die didaktische Vermittlung und Veranschaulichung seiner Erkenntnisse.

[5]

Der in Abbildung 7.14 gezeigte Farbenkreis entsteht im Rahmen des Didaktischen Teils in der sechsten Abteilung „Sinnlich-sittliche Wirkung der Farbe“. Die Reihenfolge der Farben entspricht nicht der üblichen Darstellung die Seiten vom warmen und kalten Halbspektrum sind vertauscht.

*Es ist oben umständlich nachgewiesen worden, daß eine jede Farbe einen besondern Eindruck auf den Menschen mache und dadurch ihr Wesen sowohl dem Auge als Gemüt offenbare. Daraus folgt sogleich, daß die Farbe sich zu gewissen sinnlichen, sittlichen, ästhetischen Zwecken anwenden lasse.*

Didaktischer Teil, §915 [2]

Den sechs Farben werden folgende Eigenschaften zugeordnet:

**Rot-schön, Gelbrot-edel, Gelb-gut,  
Grün-nützlich, Blau-gemein, Blaurot-unnöthig**

Im äußeren Ring erfolgt die Zuordnung der Farben auf die vier Bereiche des menschlichen Geistes- und Seelenlebens.

**Rot/Gelbrot-Vernunft, Gelb/Grün-Verstand,  
Grün/Blau-Sinnlichkeit, Blaurot/Rot-Phantasie**

Goethe übernimmt die spezifische Kombination der sinnlich-sittlichen Eigenschaften von Karl Philipp Moritz, dessen Aufsatz „Über die bildende Nachahmung des Schönen“ 1788 veröffentlicht wird. Die Eigenschaft schlecht wird durch *gemein* ersetzt, unnützlich durch *unnöthig*<sup>6</sup>.

[13]

Der Farbenkreis in Abbildung 7.15 zeigt eine 12-stufige Farbanordnung mit französischen, deutschen und griechischen Farbnamen. Im historischen Teil unter „Farbennennungen der Griechen und Römer“ listet er Farben und Farbeindrücke in Deutsch, Griechisch und

<sup>6</sup>nicht nöthig, zur Erreichung einer Absicht, zur Hervorbringung einer Veränderung nicht erforderlich



Latein auf. Die griechischen Farbnamen sind in der Darstellung mit Bleistift ausgeführt und können in der Wiedergabe nicht erkannt werden. Die Abstufungen im Grünen und Gelben sind nicht befriedigend, demgemäß steht am unteren Rand *„ist nicht gut ausgeführt. Dient nur zur allgemeinen Idee“*. [14]

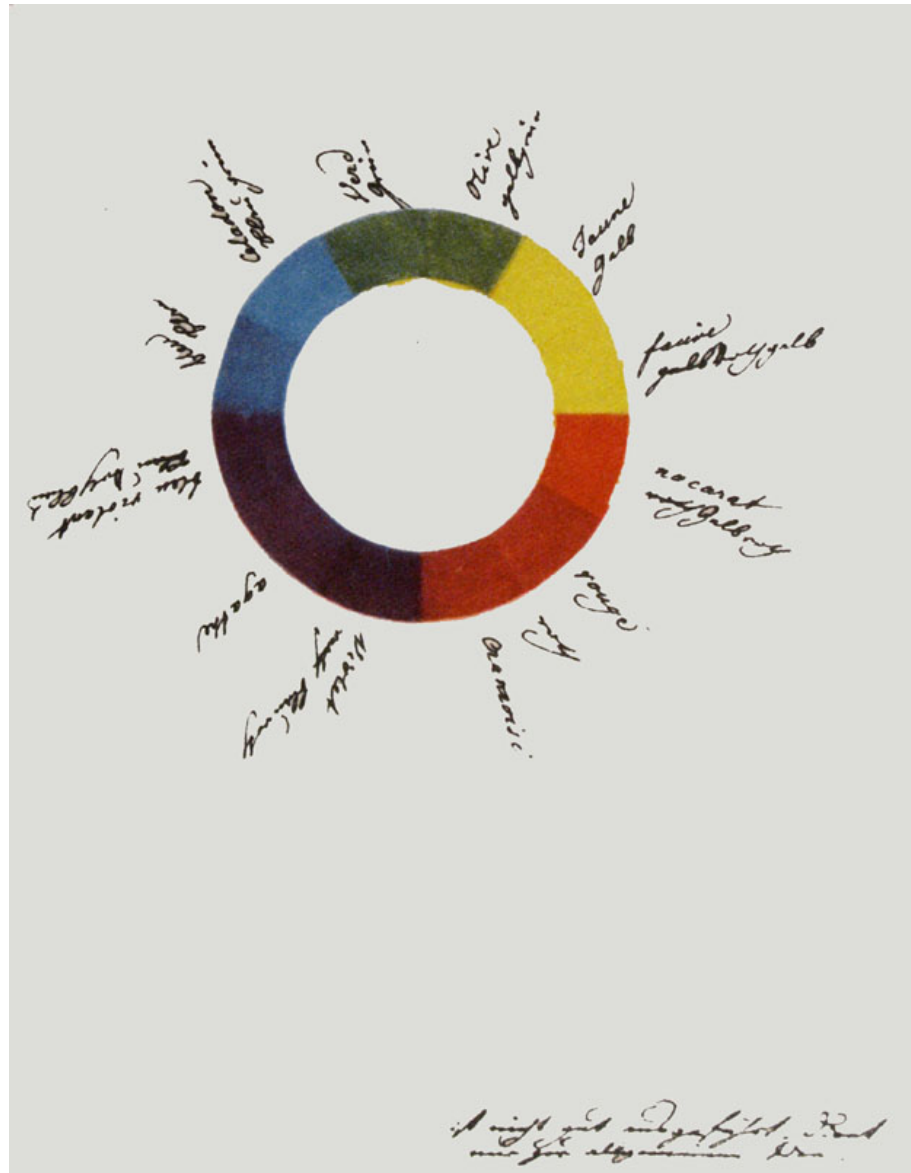


Abbildung 7.15: Farbenkreis von Goethe mit 12 Abstufungen

## 7.5 Der Fächerfarbkreis

Mit dem Fächerfarbkreis stelle ich den Bezug zu Goethes Farbenkreis her, indem verschiedene Fächer bzw. Sachgebieten den Farben zugeordnet werden. Goethe verbindet in seinem Farbenkreis Farben mit den Eigenschaften schön, edel, gut, nützlich, gemein und unnötig. Er zeigt, dass sich die Anordnung der Eigenschaften, genau wie die Ordnung der Farben, in einem Kreis schließen lassen.

In dieser Arbeit werde ich in den folgenden Kapiteln verschiedene Möglichkeiten aufzeigen, Verbindungen herzustellen. Diese Verbindungen und Betrachtungen aus unterschiedlichen Richtungen dienen einem zeitgemäßen didaktischen Ansatz, welcher sich in einem interdisziplinären Denkansatz zeigt. Beispielsweise lässt das Thema Farbe Einblicke in sehr spezialisierte Forschungsbereiche zu, welche sich im Modell Kern und Schale in den äußersten Bereichen befinden. Schon die Suche nach Verbindungen kann einen Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Sachverhalten ermöglichen. Beispielsweise wird die spezielle Forschung mit farbiger Bestrahlung Tumorzellen unschädlich zu machen, über Goethes Untersuchungen zur Wirkung von farbiger Beleuchtung auf Pflanzen eingeleitet. Ebenso kann eine Vernetzung zur Wirkung von farbiger Beleuchtung auf Herz- und Atemrhythmus aufgezeigt werden.

Mit Goethes Farbenlehre möchte ich dazu beitragen, einerseits die Verbindungen zu historischen Entwicklungen aufzuzeigen und andererseits neue Erkenntnisse, in einem weiten Bereich zum Thema Farbe, aus verschiedenen Richtungen zu betrachten. Mit der Verbindung zu zeitgenössischen Naturforschern und Persönlichkeiten stelle ich einen Übergang zu verschiedenen Fächern dar. Das Zusammenbringen der Verbindungen führt schließlich zur Vernetzung eines Themas, in diesem Fall zur Vernetzung mit Goethes Farbenlehre.

Die Darstellung in Abbildung 7.16 soll anregen, Sachverhalte zu gruppieren, die bei Beobachtung verschiedener Ereignisse (z.B. Vorgänge in der Natur) erkannt werden. Dabei stellt die Aufteilung keine Zergliederung dar, sondern dient als Hilfe für Ordnungssysteme und veranschaulicht Zusammenhänge.

Für die Zuordnung im Fächerfarbenkreis (Abb. 7.16) wähle ich eine Zuordnung der Fächern Physik, Philosophie, Psychologie, Biologie, Chemie und Kunst zur Farbe. Diese Reihenfolge wird in den folgenden Kapiteln beibehalten. Diesen Verlauf wähle ich, weil ich der Physik Gelb zuordne. Goethe beschreibt im didaktischen Teil in der sechsten Abteilung die Wirkung von Farben (siehe Kap. 10.2). Gelb führt die Natur des Hellen mit sich. Ganz nach Goethes Ansicht empfinde ich mit der Farbe Gelb Aufhellung. Diese Aufhellung bringe ich mit einer Klarstellung in Verbindung und dieses Klarstellen stellt für mich den Zusammenhang mit dem Fach Physik dar.

Nach dem Kapitel Physik versuche ich anhand ausgewählter Beispiele und unter zu Hilfenahme verschiedener Methoden den interdisziplinären Gedankenansatz meiner Arbeit zu entfalten.

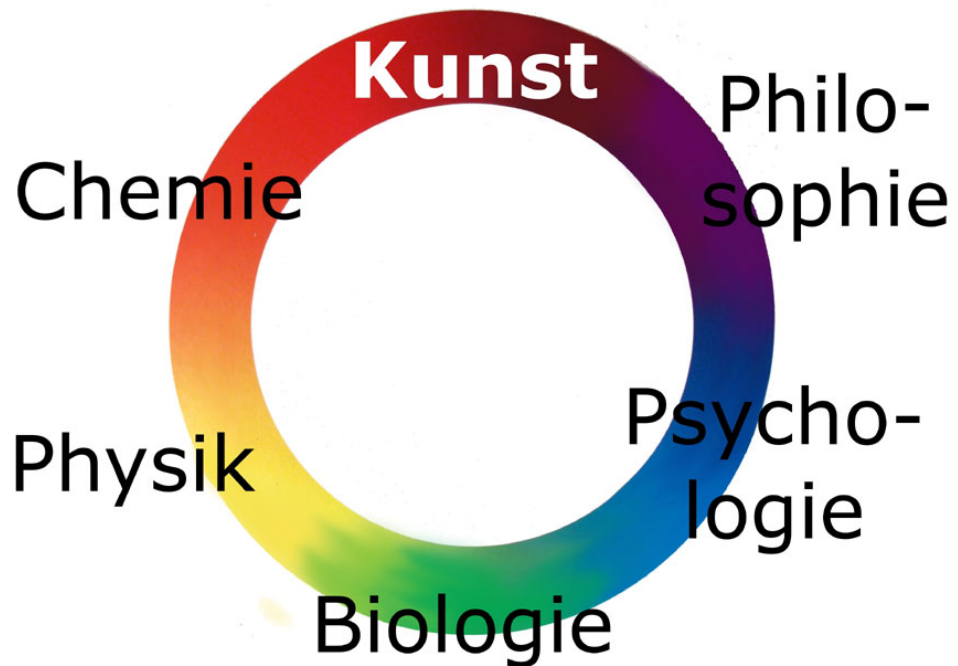


Abbildung 7.16: Fächerfarbkreis

Mit Violett als Gegenfarbe zu Gelb, beginne ich mit der Philosophie als Geisteswissenschaftlichen Gegenpol zur naturwissenschaftlichen Physik verschiedene Bereiche aus und zur Goethes Farbenlehre in den vielfältigsten Verbindungen darzustellen.

Das Kapitel Psychologie folgt der Philosophie. Die Psychologie beschreibt die Wahrnehmung und das Empfinden von Menschen bedingt durch äußere und innere Ursachen, während die Philosophie durch Vernunft und Verstand, das Ganze zu denken sucht. Das Ganze sieht Thomas Hammer als Einheit der Wirklichkeit. [30]

Mit den Untersuchungen innerer Vorgänge im Menschen und der Forschung zur lebenden Natur, welche in der Disziplin Biologie getätigt wird, grenzt diese an der Psychologie.

Die speziellen Forschungsbereiche zur „Biologischen Physik“ und zur Physikalischen Chemie stellen für mich die Verbindung zur Physik her.

Mit der Herstellung von Farbstoffen sehe ich einen Zusammenhang zur bildnerischen Kunst und gelange somit in ein Teilgebiet der Kunst. Die Kunst unterteile ich in drei Bereiche: bildnerische Kunst, Literatur und Musik. Mit der Fähigkeit zu Denken, welche ich mit Kunst des Denkens beschreibe, möchte ich den Fächerfarbkreis mit der Verbindung zur Philosophie schließen.

## *7 Der Farbenkreis und andere Darstellungen*

## 8 Physik

Darstellungen mittels Versuchen zählen für mich zu den wichtigsten Methoden um Wahrnehmungen zu schulen. Versuche mit einfachen Hilfsmitteln lassen sich jederzeit in den Unterricht integrieren. Der Physikunterricht eignet sich besonders, um diese Erkenntnisse zu beschreiben und in weiterer Folge zu untersuchen.

### 8.1 Experimentelles Arbeiten

Das eigenständige Durchführen von Experimenten ist eine wichtige Methode, um nachhaltig Wissen und Fähigkeiten zu erlangen. Goethes detaillierte Beschreibungen für ein experimentelles Arbeiten bieten sich an, um diese Erfahrungen selbst zu machen. Da die zu verwendenden Materialien leicht zu beschaffen sind, können die Versuche einzeln und in Gruppen, auf Seminaren und Workshops durchgeführt werden.

Die Abbildung 8.1 zeigt einen Holzschnitt nach Goethes Handzeichnung. Das Bild war für Goethes optisches Kartenspiel geplant und stellt in der Mitte Goethes rechte Auge im Spiegel gesehen dar. Neben dem Prisma ist auch noch eine Linse abgebildet, wie er sie bei seinen Versuchen verwendet hat. Goethe stellt in seinen Vorarbeiten fest:

*(...) So viel kann ich aber denjenigen Beobachtern, welche gern vorwärts dringen mögen, sagen, daß in den wenigen Erfahrungen, die ich vorgetragen habe, der Grund zu allem Künftigen schon gelegt ist und daß es beinahe nur Entwicklung sein wird, wenn wir in der Folge das durch das Prisma entdeckte Gesetz in allen Linsen, Glaskugeln und anderen mannigfaltigen geschliffenen Gläsern, in Wassertropfen und Dünsten, ja endlich mit bloßen Auge unter gewissen gegebenen Bedingungen entdecken werden.*

Beiträge zur Chromitik, Erstes Stück, §73 [5]



Abbildung 8.1: Goethes Auge, Prisma und Linse



## 8.2 Versuche zu schwarzen, weißen und grauen Bildern

In der ersten Abteilung „physiologische Farben“ im didaktischen Teil erklärt Goethe, dass man solche Phänomene sowohl in der Natur beobachten, als auch diese in Versuchen experimentell reproduzieren kann.

### Beobachtungsmöglichkeit: Irradiation (optische Täuschung)

Werden zwei gleich große Objekte in weiß und schwarz vor einem dunklen bzw. hellen Hintergrund betrachtet, so erscheint das schwarze schmaler als das weiße Objekt. Die Abbildung 8.2 stellt einen gleich breiten Streifen in weiß und schwarz dar.

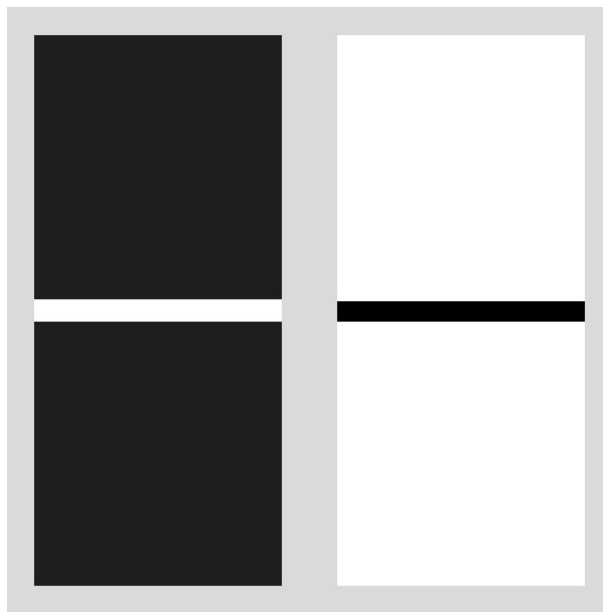


Abbildung 8.2: Streifen gleicher Breite

Diese Erscheinung ist heute als Irradiation bekannt. Goethe weist dieses Phänomen in einer Reihe von fein beobachteten Tatsachen ausführlich nach und schildert in seiner Ausführung, dass schwarze Bekleidung Personen schlanker aussehen lässt als helle.

### Versuch: Irradiation (optische Täuschung)

Der Effekt der Irradiation kann in unterschiedlichen Darstellungen gezeigt werden. Goethe verwendet zwei gleich große Kreise und beschreibt infolge, dass die dunklen Objekte um  $\frac{1}{5}$  kleiner erscheinen als die hellen.

*Ein dunkler Gegenstand erscheint kleiner als ein heller von derselben Größe. Man sehe zugleich eine weiße Rundung auf schwarzem, eine schwarze auf weißem Grunde, welche nach einerlei Zirkelschlag ausgeschnitten sind, in einiger Entfernung an, und wir werden die letztere etwas um ein Fünftel kleiner als die erste halten. Man mache das schwarze Bild um so viel größer, und sie werden gleich erscheinen.*

Didaktischer Teil, §16 [2]

Für eine Beobachtungsentfernung von ca. 2m wird ein Kreis aus einem weißen und einem schwarzen Blatt Papier in der Größe von 6–8cm geschnitten und entsprechend auf einen schwarzen bzw. weißen Bogen Papier im Format A3 oder größer geklebt. Alternativ können auch Quadrate oder Streifen für den Versuch herangezogen werden. Betrachtet man die Objekte aus der vorgegebenen Distanz, tritt der gewünschte Effekt hervor.

Für die Versuchsdurchführung ist zu beachten, dass bei kürzerer Betrachtungsentfernung die Objekte kleiner gewählt werden müssen. Sind die Objekte zu groß, wird der Effekt schwer zu beobachten sein.

### **Versuch: Bewegte Nachbilder**

Mit diesem Versuch kann gezeigt werden, wie Nachbilder entstehen und sich bewegen können.

*Man halte ein schwarzes Bild vor eine graue Fläche und sehe unverwandt, indem es weggenommen wird auf denselben Fleck; der Raum, der es einnahm erscheint um vieles heller. Man halte eben auf diese Art ein weißes Bild hin und der Raum wird nachher dunkler als die übrige Fläche erscheinen. Man wende das Auge auf der Tafel hin und wider, so werden in beiden Fällen die Bilder gleichfalls hin und her bewegen.*

Didaktischer Teil, §37 [2]

Eine Person hält vor einen großen grauen Bogen ein schwarzes Quadrat im Ausmaß von ca. 20×20cm. Der Beobachter in einer Entfernung von ca. 2m fixiert seinen Blick auf diese dunkle Fläche und betrachtet diese für 20-30 Sekunden. Wird nun das schwarze Quadrat weggenommen, soll der Blick weiterhin auf dieselbe Stelle gerichtet bleiben. Diese Stelle erscheint dem Beobachter um vieles heller als das restliche Grau des Bogens.

Um diesen Effekt zu verstärken, ist es hilfreich die Augen schnell zu schließen und wieder zu öffnen und dieses Blinzeln für die Betrachtung des Nachbildes ständig zu wiederholen. Wird der Blick nun auf dem grauen Bogen in verschiedene Richtungen bewegt, wandert auch das Nachbild mit.

Verwendet man für diesen Versuch ein weißes Quadrat, erscheint die betrachtete Stelle am grauen Bogen dunkler.

### Beobachtungsmöglichkeit: Simultankontrast

Goethe beschreibt als erster den Kontrast in seinen verschiedenen Formen und Äußerungen als eine Grundlage des Sehens. Er erkennt, dass das Auge stets bestrebt ist, Unterschiede zwischen Hell und Dunkel deutlich zu machen. Gleiche Farbflächen (unbunte oder bunte Farben) zeigen unterschiedliche Farbempfindung, je nach Art der Umgebung. Eine graue Fläche wirkt auf einem schwarzen Hintergrund heller als dieselbe Fläche auf einem weißen Hintergrund. Diese Erscheinungen, bei welchem die Eindrücke gleichzeitig auftreten, werden Simultankontrast<sup>1</sup> genannt.

*(...) Wie dem Auge das Dunkle geboten wird, so fordert es das Helle; es fordert Dunkel, wenn man ihm Hell entgegenbringt, (...)*  
Didaktischer Teil, §38 [2]

Die Abbildung 8.3 zeigt drei Graustufen in unterschiedlicher Folge auf einem schwarzen und weißem Hintergrund.

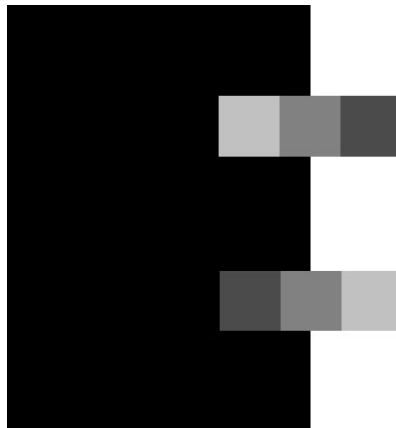


Abbildung 8.3: Kontrast dreier Graustufen

Betrachtet man einen grauen Streifen in einem Helligkeitsverlauf von Weiß nach Schwarz, erscheint dieser in unterschiedlicher Helligkeit. Wird der Weiß-Schwarz-Verlauf abgedeckt, so erscheint der graue Streifen in gleichbleibender Helligkeit (Abb. 8.4). Die Farbwirkung nebeneinander gesetzter Farbflächen ist demnach stärker als die Wirkung einzelner Farbflächen.

Diese Effekte kennen bereits Maler vor Goethes Zeit und werden vielseitig in der bildnerischen Kunst eingesetzt. Diese Kontrasterscheinungen schrieb man allerdings einem anomalen bzw. krankhaften Auge zu.

---

<sup>1</sup>lat.: simultan = gleichzeitig oder wechselseitig

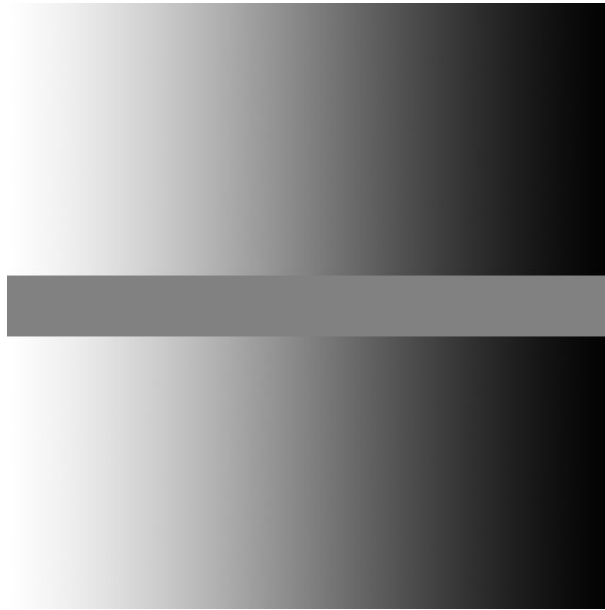


Abbildung 8.4: Kontrast im Helligkeitsverlauf

### Versuch: Simultankontrast

Aus einem grauen Blatt Papier schneidet man zwei ca.  $10 \times 10 \text{ cm}$  große Quadrate und befestigt diese auf einen weißen und schwarzen Bogen. Betrachtet man diese beiden Bögen, erkennt man den Eindruck der unterschiedlichen Helligkeit beider Quadrate. Für diesen Effekt können auch farbige Bögen herangezogen werden. Dabei scheinen die grauen Quadrate die Gegenfarbe des Bogens anzunehmen.

## 8.3 Versuche zu farbigen Bildern

### Beobachtungsmöglichkeit: Sukzessivkontrast

Goethe befasst sich neben den Nachbildern zu Hell und Dunkel auch mit farbigen Nachbildern. Die anhaltende Farbempfindung in der Komplementärfarbe wird als Sukzessivkontrast<sup>2</sup> bezeichnet. Der Sukzessivkontrast entsteht durch einen rein physiologischen Vorgang des Sehorgans in der Netzhaut. Die vielseitig vernetzten Photorezeptoren liefern bereits ein vorverarbeitetes Signal an das Sehzentrum des Gehirns.

Wird die grüne Fläche in Abbildung 8.5 für ca. 20 Sekunden betrachtet und dann das Auge auf eine weiße Fläche gerichtet, so erscheint ein komplementäres Nachbild. Der Effekt wird durch Blinzeln deutlich sichtbar und das Nachbild erscheint in der Farbe Purpur.

---

<sup>2</sup>lat.: sukzessiv = allmählich, nach und nach

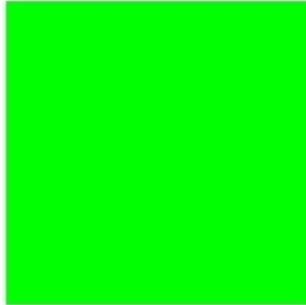


Abbildung 8.5: Farbfläche für den Sukzessivkontrast

### Versuch: Sukzessivkontrast mit farbigen Flächen

Eine Person hält ein farbiges Quadrate von ca.  $20 \times 20\text{cm}$  vor eine weiße Tafel. Diese wird für 20 Sekunden betrachtet und dann entfernt. Es entsteht ein farbiger Eindruck, an jener Stelle wo sich das Quadrat befand. Besonders eignen sich die Farben Grün und Rot.

*Man halte ein kleines Stück lebhaft farbigen Papiers, oder seidnen Zeug, vor eine mäßig erleuchtete weiße Tafel, schaue unverwandt auf die kleine farbige Fläche und hebe sie, ohne das Auge zu verrücken, nach einiger Zeit hinweg; so wird das Spektrum einer andern Farbe auf der weißen Tafel zu sehen sein. Man kann auch das farbige Papier an seinem Orte lassen, und mit dem Auge auf einen andern Fleck der weißen Tafel hinblicken; so wird jene farbige Erscheinung sich auch dort sehen lassen: denn sie entspringt aus einem Bilde, das nunmehr dem Auge angehört.*

Didaktischer Teil, §49 [2]

Werden weitere verschiedenfarbige Papiere für den Versuch herangezogen, erkennt man in der Beobachtung, wie sich Farben wechselseitig fordern.

*(...) So fordert Gelb das Violette, Orange das Blaue, Purpur das Grüne und umgekehrt. (...)*

Didaktischer Teil, §50 [2]

### Versuch: Sukzessivkontrast mit farbigen Gläsern

Wie auch bei den Versuchen mit farbigen Flächen, wobei auf einzelnen Bereichen der Netzhaut die geforderte Farbe entsteht, kann nach Goethe die ganze Netzhaut von einer Farbe affiziert<sup>3</sup> werden. Dazu verwendet man farbige Gläser oder Folien, hält diese vor das Auge und betrachtet die Umgebung für längere Zeit (ca. eine Minute). Danach wird eine weiße Fläche, ohne farbige Gläser oder Folien betrachtet. Diese scheint in der Komplementärfarbe des Glases überzogen zu sein.

Goethe schildert diesen Versuch mit einer blauen Scheibe und einer grünen Brille.

*(...) Man blicke eine zeitlang durch eine blaue Scheibe, so wird die Welt nachher dem befreiten Auge wie von der Sonne erleuchtet erscheinen, wenn auch gleich der Tag grau und die Gegend herbstlich farblos wäre. Ebenso sehen wir, indem wir eine grüne Brille weglegen, die Gegenstände mit einem rötlichen Schein überglänzt. (...)*

Didaktischer Teil, §55 [2]

Indem Goethe die Welt von der Sonne erleuchtet sieht, beschreibt er die von Blau geforderte Farbe Orange. Der Effekt mit der grünen Brille kann mit einer herkömmlichen 3D-Brille, welche zumeist aus einer grünen und einer purpurfarbenen Folie besteht, nachvollzogen werden. Wird zum Beispiel diese Brille eine längere Zeit getragen und betrachtet man nach Abnehmen eine weiße Wand, so lässt sich die Wirkung der zu fordernden Farben erkennen. Dem Auge, welches zuvor die Umgebung durch die grüne Folie wahrgenommen hat, erscheint die weiße Wand purpurfarben und dem anderen Auge grün.

## 8.4 Versuche mit Schatten

### Versuch: Farblose Schatten

Um Schatten von Gegenständen zu erzeugen, eignet sich unter anderem die Sonne als Lichtquelle. Wenn ein Objekt mittig auf ein weißes Blatt Papier platziert wird, wirft das Licht der Sonne einen farblosen Schatten, der schwarz erscheint. Durch die Reflexion des Sonnenlichtes mit einem Spiegel, kann eine zweite Lichtquelle simuliert werden. Dabei kann man einen weiteren Schatten erzeugen und den vorhandenen Schatten, durch entsprechende Beleuchtung des Gegenstandes, aufhellen.

### Versuch: Farbige Schatten

Mit zwei Lichtquellen unterschiedlicher Farbe und einem Gegenstand kann die farbige Erscheinung zweier Schatten auf einem Blatt Papier gezeigt werden.

---

<sup>3</sup>lat.: afficere = antun, versehen mit

*Zu den farbigen Schatten gehören zwei Bedingungen: erstlich, daß das wirksame Licht auf irgendeine Art die weiße Fläche färbe, zweitens, daß ein Gegenlicht den geworfenen Schatten auf einen gewissen Grad erleuchte.*

Didaktischer Teil, §64 [2]

Als mögliche Lichtquellen verwendet Goethe das Licht der Dämmerung und Kerzenlicht. Er stellt aber auch Versuche mit zwei Kerzen an.

Goethe beschreibt, dass der Mondschein sehr schöne Fälle farbiger Schatten hervorbringt. Kerzen und Mondschein lassen sich völlig ins Gleichgewicht bringen, da sich die Kerze in ihrer Entfernung zum Gegenstand leicht variieren lässt. Die Schatten erhalten dadurch die gleiche Helligkeit.

Die Versuchsanordnung stellt Goethe in der ersten Tafel (Abb. 6.1) in der Figur sechs und fünf dar.



Abbildung 8.6: Grüner und Roter Schatten

Um ein farbiges Licht zu erzeugen, werden farbige Gläser oder Folien zwischen dem Gegenstand und der Lichtquelle platziert (siehe Abb. 8.6). Variiert man die Farbe der Gläser bzw. Folien und die Anzahl der Lichtquellen, erhält man unterschiedliche Farberscheinungen der Schatten.

## 8.5 Farbigen Erscheinungen mit farblosen Lichtquellen

### Versuch: Schwachwirkende Lichter

Die Erscheinungen von schwachwirkenden Lichter können nur in einer dunklen Umgebung nachgestellt werden. Dazu benötigt man lediglich eine Lichtquelle und eine helle farblose Wand.

*Wenn man nahe an eine weiße oder grauliche Wand nachts ein Licht stellt, so wird sie von diesem Mittelpunkt aus auf eine ziemliche Weite erleuchtet sein. Betrachtet man den daher entstehenden Kreis aus einiger Ferne, so erscheint uns der Rand der erleuchteten Fläche mit einem gelben, nach außen rotgelben Kreise umgeben, und wir werden aufmerksam gemacht, daß das Licht wenn es scheinend oder widerscheinend nicht in seiner größten Energie auf uns wirkt, unserem Auge den Eindruck vom Gelben, Rötlichen und zuletzt sogar vom Roten gebe. Hier finden wir den Übergang zu den Höfen, die wir um leuchtende Punkte auf eine oder die andere Weise zu sehen pflegen.*

Didaktischer Teil, §88 [2]

### Versuch: Subjektiver Hof

Goethe unterscheidet zwischen subjektiven und objektiven Hof. Wird ein leuchtender Gegenstand in Dunkelheit betrachtet, so tritt eine ringförmige Erscheinung hervor. Diese wird subjektiver Hof genannt, wenn die Erscheinung beim Zudecken des leuchtenden Gegenstandes verschwinden. Andernfalls wird die Erscheinung objektiver Hof genannt.

Nimmt man einen Karton mit einer kreisförmigen Öffnung mit einem Durchmesser von ca. 5mm und hält diesen in einem dunklen Raum vor eine Lichtquelle, so erscheint beim Betrachten aus ca. 3m Entfernung der subjektive Hof. Die Höfe werden immer größer, je weiter man sich von der Lochblende entfernt. Mit dem Finger der ausgestreckter Hand vor dem Auge, kann die Öffnung abgedeckt werden, und dadurch verschwindet auch die ringförmige Erscheinung.

*Ein Licht muß mäßig leuchten, nicht blenden, wenn es einen Hof im Auge erregen soll, wenigstens würden die Höfe eines blendenden Lichtes nicht bemerkt werden können. Wir sehen einen solchen Glanzhof um die Sonne, welche von einer Wasserfläche ins Auge fällt.*

Didaktischer Teil, §93 [2]

## 8.6 Trübe Mittel

### Versuch: Farberscheinungen an trüben Mitteln

Wenn eine Trübe vorhanden ist, entwickeln nach Goethes Ansicht Licht und Finsternis gemeinsam die Farben. Für ihn gilt die Trübe als das Urphänomen der Farbe.



Goethe zeigt die Farberscheinungen des Himmels, sowie des Sonnenunter- bzw. Sonnenaufganges anhand eines einfachen Versuches.

Ein mit Wasser gefülltes Glas oder Becken wird mit einigen Tropfen Milch getrübt. Diese Trübe dient als Modell für die Erdatmosphäre. Mit einer Lichtquelle durchleuchtet man die Trübe.

Der Versuchsaufbau lässt zwei Beobachtungsmöglichkeiten zu. Für die erste Beobachtung blickt man direkt durch die Trübe in die Lichtquelle. Diese erscheint je nach Stärke der Trübung Gelb bis Rot, und ist mit der Farberscheinung des Sonnenaufgangs bzw. -untergangs zu vergleichen.

*Das höchstenergische Licht, wie das der Sonne, (...) ist blendend und farblos. So kommt auch das Licht der Fixsterne meistens farblos zu uns. Dieses Licht aber durch ein auch nur wenig trübes Mittel gesehen, erscheint uns gelb. Nimmt die Trübe eines solchen Mittels zu, oder wird seine Tiefe vermehrt, so sehen wir das Licht nach und nach eine gelbrote Farbe annehmen, die sich endlich bis zum Rubinroten steigert.*

Didaktischer Teil, §150 [2]

Für die zweite Beobachtung bringt man einen schwarzen Bogen hinter die seitlich durchleuchtete Trübe und betrachtet dieses Schwarz. Die Lichtquelle erhellt die Trübe und lässt diese blau erscheinen.

*Wird hingegen durch ein trübes, von einem darauffallenden Lichte erleuchtetes Mittel die Finsternis gesehen, so erscheint uns eine blaue Farbe, welche immer heller und blässer wird, je mehr sich die Trübe des Mittels vermehrt, hingegen immer dunkler und satter sich zeigt, je durchsichtiger das Trübe werden kann, ja bei dem mindesten Grad der reinsten Trübe als das schönste Violett dem Auge fühlbar wird.*

Didaktischer Teil, §151 [2]

## 8.7 Prismatische Farben

### Versuch: Farbdarstellungen mit dem Prisma

Goethe schildert in den Beiträgen zur Chromatik einen planmäßigen Ablauf einer Reihe von Beobachtungen mit dem Prisma. Er sieht vor, spielerisch die Farberscheinungen durch das Glasprisma zu betrachten und dabei auf die Bedingungen zu achten, bei denen sich die Ränder der zu betrachtenden Gegenstände färben.

*Man nehme also zuerst das Prisma vor, betrachte durch dasselbe die Gegenstände des Zimmers und der Landschaft; man halte den Winkel, durch den man sieht, bald oberwärts, bald unterwärts; man halte das Prisma horizontal oder vertikal, und man wird immer dieselbigen Erscheinungen wahrnehmen. Die Linien werden im gewissen Sinne gebogen und gefärbt sein; schmale kleine Körper werden ganz farbig erscheinen und gleichsam farbige Strahlen von ihnen ausfahren; man wird Gelb, Rot, Grün, Blau, Violett und Pfirsichblüt bald hier und da erblicken; alle Farben werden harmonieren; man wird eine gewisse Ordnung wahrnehmen, ohne sie genau bestimmen zu können, und ich wünsche, dass man diese Erscheinungen so lange betrachte, bis man selbst ein Verlangen empfindet, das Gesetz derselben näher einzusehen und sich aus diesem glänzenden Labyrinth herauszufinden. Alsdann erst wünsche ich, dass man zu den nachstehenden Versuchen überginge und sich gefallen ließe, der Demonstration mit Aufmerksamkeit zu folgen und das, was erst Spiel war, zu einer ernsthaften Beschäftigung zu machen.*

Beiträge zur Chromatik, Erstes Stück, Prismatische Erscheinungen im allgemeinen, §37 [5]

Die durch das Prisma wahrgenommen Farberscheinungen, werden nun systematisch untersucht und mittels Versuchen nachvollzogen. Dadurch erkennt man die größeren oder geringeren Wirkungen einer jeden einzelnen Bedingung. So ergeben z.B. starke Kontraste von Weiß und Schwarz die gesättigsten Farben.

Legt man ein schwarzes Papier zur Hälfte auf ein weißes Blatt, so kann der Übergang durch das Prisma betrachtet werden. Je nachdem wie das Prisma zur Kante (Übergang von weiß zu schwarz) ausgerichtet ist, entstehen die Farben gelb und rot (warmes Halbspektrum) oder violett und blau (kaltes Halbspektrum).

Für weitere Untersuchungen werden weiße Streifen unterschiedlicher Breite (0,5 - 2cm) auf schwarzem Papier betrachtet. Durch Neigen des Prismas können die Farben der beiden Halbspektren übereinander gebracht werden und es erscheint eine neue Farbe.

*Ist das Bild groß, so bleibt dessen Mitte ungefärbt. Sie ist als eine unbegrenzte Fläche anzusehen, die verrückt, aber nicht verändert wird. Ist es aber so schmal, daß (...) der gelbe Saum den blauen Rand erreichen kann; so wird die Mitte völlig durch Farben zugedeckt. Man mache diesen Versuch mit einem weißen Streifen auf schwarzem Grunde; über einem solchen werden sich die beiden Extreme bald vereinigen und das Grün erzeugen. Man erblickt alsdann folgende Reihe von Farben:*

*Gelbroth  
Gelb  
Grün  
Blau  
Blauroth.*

Didaktischer Teil, §214 [2]

Die Farbenfolge ist gleich dem Spektrum, welches durch eine helle Fläche zwischen zwei undurchsichtigen Körpern, einem Spalt, erzeugt wird. In „Versuche zu Goethes Farbenlehre mit einfachen Mitteln“ von Rupprecht Matthaei (1895-1976) wird dieses Spektrum als *Ordentliches Vollspektrum* beschrieben: „(...) wir nennen sie das Ordentliche Vollspektrum und dessen drei Hauptfarben die Newtonfarben, weil Newton dieses Spektrum näher untersuchte und sich aus seiner Lehre die Auffassung bildete, Gelbrot-Grün-Violett seien die eigentlichen Grundfarben.“ [12]

Wird nun ein schwarzer Streifen auf weißem Papier betrachtet, entsteht die im *Ordentlichen Vollspektrum* nicht enthaltene Farbe, der Purpur.

*Bringt man auf weiß Papier einen schwarzen Streifen; so wird sich der violette Saum darüber hinbreiten, und den gelbrothen Rand erreichen. Hier wird das dazwischen liegende Schwarz, so wie vorher das dazwischen liegende Weiß aufgehoben, und an seiner Stelle ein prächtig reines Roth erscheinen, das wir oft mit dem Namen Purpur bezeichnet haben. Nunmehr ist die Farbenfolge nachstehende:*

*Blau  
Blauroth  
Purpur  
Gelbroth  
Gelb.*

Didaktischer Teil, §215 [2]



## 9 Philosophie

Für den interdisziplinären Ansatz beginne ich mit der Philosophie, meiner Meinung nach, der ältesten Wissenschaft. Im Zusammenhang mit der Farbenlehre beschreibe ich Goethes Verhältnis zur Philosophie. Für den philosophischen Unterricht möchte ich zu eigenen Überlegungen über Goethes Urphänomen anregen. Eine weitere Möglichkeit für den Unterricht wäre Goethes Verbindung zu Arthur Schopenhauer aufzuzeigen, der im jungen Alter als Vertreter der Goetheschen Farbenlehre gilt, schließlich aber eine eigene Farbentheorie entwickelt. Auf diese Verbindung wird in dieser Arbeit jedoch nicht eingegangen und ich verweise auf den regen Briefwechsel und zu weiteren Dokumenten zur Farbenlehre, welche im Werk „Arthur Schopenhauer der Briefwechsel mit Goethe“ herausgegeben von Ludger Lütkehaus aufgelistet sind.

### 9.1 Das Verhältnis zur Philosophie

Goethe betrachtet seine Farbenlehre als Teil der Physik. In der fünften Abteilung beschreibt er die nachbarlichen Verhältnisse, welche die Gebiete von der Philosophie, Physiologie über allgemeine Physik bis hin zur Tonlehre umfasst. Dieser interdisziplinäre Charakter der Farbenlehre zeigt sich besonders in der fünften Abteilung.

Das Verhältnis zur Philosophie wird als erstes aufgegriffen. Hier unternimmt Goethe eine allgemeine Einordnung und Abgrenzung zur Naturwissenschaft.

*Man kann von dem Physiker nicht fordern, daß er Philosoph sei; aber man kann von ihm erwarten, daß er so viel philosophische Bildung habe, um sich gründlich von der Welt zu unterscheiden und mit ihr wieder im höhern Sinne zusammenzutreten. Er soll sich eine Methode bilden, die dem Anschauen gemäß ist; er soll sich hüten, das Anschauen in Begriffe, den Begriff in Worte zu verwandeln und mit diesen Worten, als wären's Gegenstände, umzugehen und zu verfahren; er soll von den Bemühungen des Philosophen Kenntnis haben, um die Phänomene bis an die philosophische Region hinanzuführen.*

Didaktischer Teil, §716 [2]

Goethe klärt in der fünften Abteilung die Aufgabe des Physikers und des Philosophen. Der Physiker bewegt sich nur innerhalb der Phänomene, denn diese sind Erscheinungen der unmittelbaren Natur. Seine Aufgabe ist, die abgeleiteten Erscheinungen auf die ursprünglichen zurückzuführen. Mittels Rückführung auf eine Haupterscheinung gelangt man schließlich zu Goethes Urphänomen.

*(...) Der Naturforscher lasse die Urphänomene in ihrer ewigen Ruhe und Herrlichkeit dastehen, der Philosoph nehme sie in seine Region auf, und er wird finden, daß ihm nicht in einzelnen Fällen, allgemeinen Rubriken, Meinungen und Hypothesen, sondern im Grund- und Urphänomen ein würdiger Stoff zu weiterer Behandlung und Bearbeitung überliefert werde.*  
Didaktischer Teil, §177 [2]

Der Naturforscher stellt eine Reihe von verwandten Phänomenen nebeneinander auf, in deren Folge sich das Urphänomen ausspricht. Der Physiker lässt die Urphänomene dem Philosophen zukommen. Dieser hat sie in einen geistigen Zusammenhang zu bringen, so dass die Urphänomene als ein einheitliches Ganzes erscheinen. Der Physiker führt zu den Urphänomenen, der Philosoph leitet zur Naturidee.

[4] [9]

## 9.2 Das Urphänomen

*Ein Urphänomen ist nicht einem Grundsatz gleich zu erachten, aus dem sich mannigfaltige Folgen ergeben, sondern anzusehen als eine Grunder-scheinung, innerhalb deren das Mannigfaltige anzuschauen ist.*  
Goethe an Buttek [32]

Goethe hat den Begriff des Urphänomens geprägt. Ein Phänomen ist ein wahrnehmbares Ereignis, in dem Objekt und Subjekt bereits verbunden sind. In der wissenschaftlichen Sprache ist der Begriff der Ursache gebräuchlich geworden. Jede Ursache entspringt einer Wirkung und diese ist wieder eine Folge einer Ursache. Das Urphänomen stellt sozusagen eine letzte, nicht mehr ableitbare Erscheinung dar. Keine Naturerklärung kann als solche über die Urphänomene schreiten.

[4] [33]

*(...) Die Phänomene lassen sich sehr genau beobachten, die Versuche lassen sich reinlich anstellen, man kann Erfahrungen und Versuche in einer gewissen Ordnung aufführen, man kann eine Erscheinung aus der andern ableiten, man kann einen gewissen Kreis des Wissens darstellen, man kann seine Anschauungen zur Gewißheit und Vollständigkeit erheben, und das, dünke ich, wäre schon genug. Folgerungen zieht jeder für sich daraus; beweisen läßt sich nichts dadurch, (...) Alles, was Meinungen über Dinge sind, gehören dem Individuum an, und wir wissen nur zu sehr, daß die Überzeugung nicht von der Einsicht, sondern von dem Willen abhängt, daß niemand etwas begreift, als was ihm gemäß ist und was er deswegen zugeben mag. Im Wissen wie im Handeln entscheidet das Vorurteil alles, und das Vorurteil, wie sein Name wohl bezeichnet, ist ein Urteil vor der Untersuchung. (...)*

Polemischer Teil, Beweis durch Experimente, §30 [2]

# 10 Psychologie

In der Psychologie kann der Zusammenhang zwischen der Farbwahrnehmung und dem daraus resultierenden Farbempfinden gezeigt werden. In diesem Abschnitt beschreibe ich, neben Goethes ersten Untersuchungen zur Wirkung der Farbe auf das menschliche Gemüt, neue Erkenntnisse über die Wirkung visueller Eindrücke.

## 10.1 Farben beeinflussen unser Befinden

Welche Stimmungen Farben auslösen beschreibt Goethe in der sechsten Abteilung des didaktischen Teils „Sinnlich-sittliche Wirkung der Farbe“. Die Farben von der Plusseite (warmes Halbspektrum) sind Gelb, Rotgelb (Orange), Gelbrod (Zinnober) und stimmen regsam, lebhaft und strebend. Das kalte Halbspektrum mit der Farbe Blau löst das Gefühl der Kälte und ein sehndes Empfinden aus.

Die Farbe wirkt über das Auge auf das Gemüt, ohne Bezug auf die Beschaffenheit oder Form eines Körpers. Jede Farbe ruft andere Empfindungen hervor, dabei kann der gleiche Farbton unterschiedliche Wirkungen zeigen. Das gleiche Grün kann gesund oder giftig wirken.

Jede Farbe tritt in der Umgebung immer mit anderen auf. Der Gefühlseindruck wird von mehreren Farben bestimmt, dem Farbklang.

*Die Menschen empfinden im allgemeinen eine große Freude an der Farbe. Das Auge bedarf ihrer, wie es des Lichtes bedarf. Man erinnre sich der Erquickung, wenn an einem trüben Tage die Sonne auf einen einzelnen Teil der Gegend scheint und die Farben daselbst sichtbar macht. Daß man den farbigen Edelsteinen Heilkräfte zuschrieb, mag aus dem tiefen Gefühl dieses unaussprechlichen Behagens entstanden sein.*

Didaktischer Teil, §759 [2]

Die Wirkung der Farbe ist auch von ihrem Kontext abhängig, dem Bedeutungszusammenhang, in dem Farbe wahrgenommen wird. Eine Kleiderfarbe wird anders bewertet als eine Raumfarbe oder als die Farbe eines Nahrungsmittels. Der Kontext ist das Kriterium, ob man eine Farbe als angenehm und richtig oder als falsch und geschmacklos empfindet.

Die Farbe in Lebensmitteln nimmt Einfluss auf den Geschmackseindruck. Mit gefärbten Lebensmitteln lässt sich eine scheinbare Steigerung des Geschmacks erzielen, ein kräftig rot gefärbter Kirschsafte scheint besser zu schmecken als ein blass aussehender.

Sind bekannte Objekte mit untypischen Farben dargestellt, erwecken diese besondere Aufmerksamkeit, z. B. eine blau gefärbte Banane.

[34]

## 10.2 Wirkungen der einzelnen Farben

Einzelne Farben ergeben besondere Gemütsstimmungen. Um diese Wirkungen zu empfinden, muss nach Goethe, das Auge ganz mit dieser Farbe umgeben sein. Befindet man sich in einem einfarbigen Zimmer oder betrachtet die Umgebung durch ein farbiges Glas, so haben Farben die vollkommenste und bedeutenste Wirkung.

### Durchführungsmöglichkeit:

Die folgende Auflistung bietet eine Möglichkeit einen Vergleich zwischen Goethes Farbeempfindungen und den eigenen Wahrnehmungen anzustellen.

#### Gelb

*Sie führt in ihrer höchsten Reinheit immer die Natur des Hellen mit sich und besitzt eine heitere, muntere, sanft reizende Eigenschaft.*

Didaktischer Teil, §766 [2]

*In diesem Grade ist sie als Umgebung, es sei als Kleid, Vorhang, Tapete, angenehm. Das Gold in seinem ganz ungemischten Zustande gibt uns, besonders wenn der Glanz hinzukommt, einen neuen und hohen Begriff von dieser Farbe; so wie ein starkes Gelb, wenn es auf glänzender Seide, zum Beispiel auf Atlas erscheint, eine prächtige und edle Wirkung tut.*

Didaktischer Teil, §767 [2]

#### Rotgelb

*Alles was wir vom Gelben gesagt haben, gilt auch hier, nur im höhern Grade. Das Rotgelbe gibt eigentlich dem Auge das Gefühl von Wärme und Wonne, indem es die Farbe der höhern Glut sowie den mildern Abglanz der untergehenden Sonne repräsentiert. Deswegen ist sie auch bei Umgebungen angenehm und als Kleidung in mehr oder minderm Grade erfreulich oder herrlich. (...)*

Didaktischer Teil, §773 [2]



### Gelbrot

*Die aktive Seite ist hier in ihrer höchsten Energie, und es ist kein Wunder, daß energische, gesunde, rohe Menschen sich besonders an dieser Farbe erfreuen. Man hat die Neigung zu derselben bei wilden Völkern durchaus bemerkt. Und wenn Kinder, sich selbst überlassen, zu illuminieren anfangen, so werden sie Zinnober und Mennig nicht schonen.*

Didaktischer Teil, §775 [2]

### Blau

*Wie wir den hohen Himmel, die fernen Berge blau sehen, so scheint eine blaue Fläche auch vor uns zurückzuweichen.*

Didaktischer Teil, §780 [2]

*Zimmer, die rein blau austapeziert sind, erscheinen gewissermaßen weit, aber eigentlich leer und kalt.*

Didaktischer Teil, §783 [2]

### Rotblau

*Das Blaue steigert sich sehr sanft ins Rote und erhält dadurch etwas Wirksames, ob es sich gleich auf der passiven Seite befindet. Sein Reiz ist aber von ganz andrer Art als der des Rotgelben. Er belebt nicht sowohl, als daß er unruhig macht.*

Didaktischer Teil, §787 [2]

### Blaurot

*Jene Unruhe nimmt bei der weiter schreitenden Steigerung zu, und man kann wohl behaupten, daß eine Tapete von einem ganz reinen gesättigten Blaurot eine Art von unerträglicher Gegenwart sein müsse. Deswegen es auch, wenn es als Kleidung, Band, oder sonstiger Zierrat vorkommt, sehr verdünnt und hell angewendet wird, da es denn seiner bezeichneten Natur nach einen ganz besondern Reiz ausübt.*

Didaktischer Teil, §790 [2]

### Rot

*Die Wirkung dieser Farbe ist so einzig wie ihre Natur. Sie gibt einen Eindruck sowohl von Ernst und Würde als von Huld und Anmut. Jenes leistet sie in ihrem dunklen verdichteten, dieses in ihrem hellen verdünnten Zustande. Und so kann sich die Würde des Alters und die Liebenswürdigkeit der Jugend in eine Farbe kleiden.*

Didaktischer Teil, §796 [2]

## Grün

*Unser Auge findet in derselben eine reale Befriedigung. Wenn beide Mutterfarben sich in der Mischung genau das Gleichgewicht halten, dergestalt, daß keine vor der andern bemerklich ist, so ruht das Auge und das Gemüt auf diesem Gemischten wie auf einem Einfachen. Man will nicht weiter und man kann nicht weiter. Deswegen für Zimmer, in denen man sich immer befindet, die grüne Farbe zur Tapete meist gewählt wird.*

Didaktischer Teil, §802 [2]

## 10.3 Goethes Farbzusammenstellungen

Goethe zeigt in einem Entwurf (Abb. 10.1) eine graphische Darstellung zu den Farbzusammenstellungen der Harmonielehre.

### Harmonische Zusammenstellung

Als harmonische Zusammenstellung bezeichnet Goethe die sich fordernden Farben, das sind jene Farbpaare die sich im Farbkreis diametral gegenüberliegen, d.h. eine einfache Farbe besitzt immer eine zusammengesetzte Komplementärfarbe.

*Gelb fordert Rotblau, Blau fordert Rotgelb, Purpur fordert Grün, und umgekehrt.*

Didaktischer Teil, §810 [2]

### Charakteristische Zusammenstellung

Das Farbpaar, bei denen im Farbkreis eine Farbe (Mittelfarbe) übersprungen wird, nennt Goethe charakteristische Zusammenstellung.

#### Gelb und Blau

*Dieses ist die einfachste von solchen Zusammenstellungen. Man kann sagen, es sei zu wenig in ihr: denn da ihr jede Spur von Rot fehlt, so geht ihr zu viel von der Totalität ab. In diesem Sinne kann man sie arm und, da die beiden Pole auf ihrer niedrigsten Stufe stehn, gemein nennen. Doch hat sie den Vorteil, daß sie zunächst am Grünen und also an der realen Befriedigung steht.*

Didaktischer Teil, §819 [2]

#### Gelb und Purpur

*Hat etwas Einseitiges, aber Heiteres und Prächtiges. Man sieht die beiden Enden der tätigen Seite nebeneinander, ohne daß das stetige Werden ausgedrückt sei. Da man aus ihrer Mischung durch Pigmente das Gelbrote erwarten kann, so stehn sie gewissermaßen anstatt dieser Farbe.*

Didaktischer Teil, §820 [2]

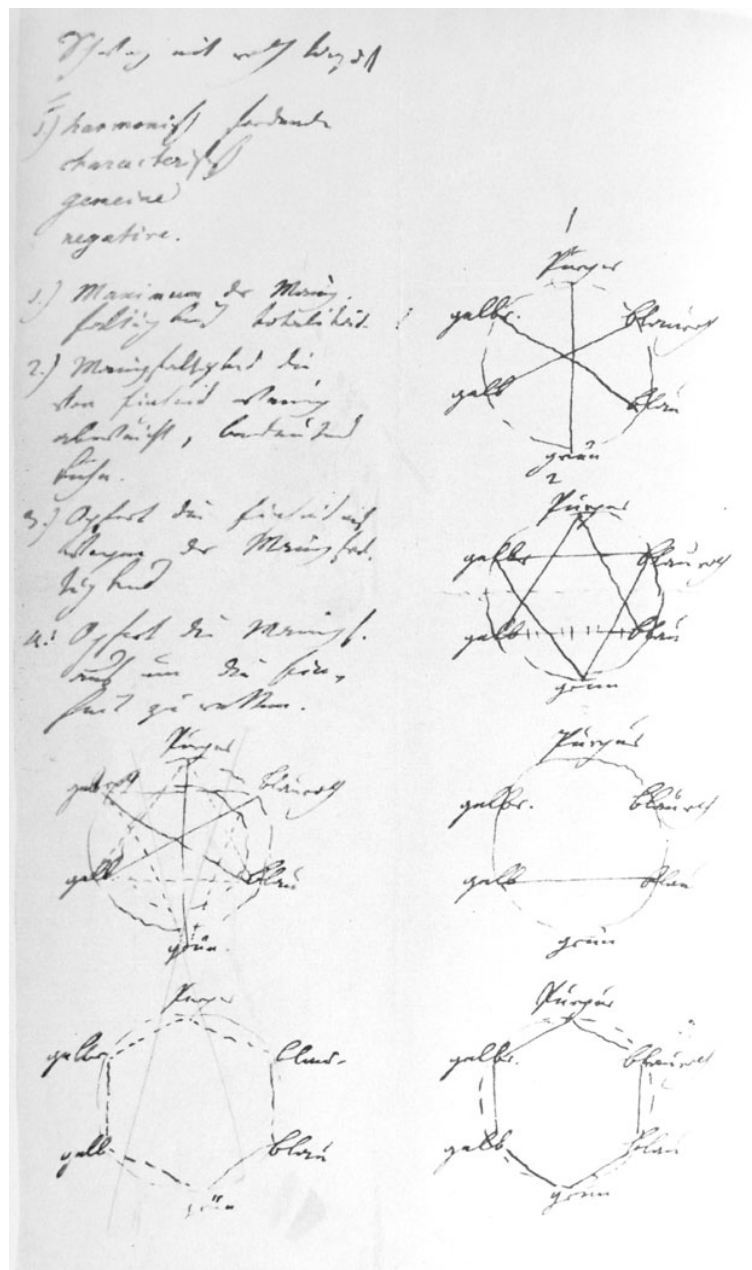


Abbildung 10.1: Entwurf zur Harmonielehre

### Blau und Purpur

*Die beiden Enden der passiven Seite mit dem Übergewicht des obern Endes nach dem aktiven zu. Da durch Mischung beider das Blaurote entsteht, so wird der Effekt dieser Zusammenstellung sich auch gedachter Farbe nähern.*

Didaktischer Teil, §821 [2]

### Gelbrot und Blaurot

*Haben zusammengestellt, als die gesteigerten Enden der beiden Seiten, etwas Erregendes, Hohes. Sie geben uns die Vorahnung des Purpurs, der bei physikalischen Versuchen aus ihrer Vereinigung entsteht.*

Didaktischer Teil, §822 [2]

### Charakterlose Zusammenstellung

Jene zwei Farben, welche im Farbkreis direkt nebeneinander liegen, beschreibt Goethe als charakterlose Zusammenstellung.

*So drücken Gelb und Gelbrot, Gelbrot und Purpur, Blau und Blaurot, Blaurot und Purpur die nächsten Stufen der Steigerung und Kulmination aus und können in gewissen Verhältnissen der Massen keine üble Wirkung tun.*

Didaktischer Teil, §828 [2]

*Gelb und Grün hat immer etwas Gemein-Heiteres, Blau und Grün aber immer etwas Gemein-Widerliches, deswegen unsre guten Vorfahren diese letzte Zusammenstellung auch Narrenfarbe genannt haben.*

Didaktischer Teil, §829 [2]

## 10.4 Wirkung von Farbkombinationen

Farbkombinationen mit zwei oder mehr Farben unterstützen bestimmte Empfindungen. Durch die Wahl der Farbe kann der Effekt verstärkt oder abgeschwächt werden. Dabei spielt nicht nur die Gruppierung der Farbe eine Rolle, sondern auch das Verhältnis der einzelnen Farben zum Ganzen. [35]

### Frisch

Um einen kühlen und erfrischenden Eindruck zu gewinnen, wird die Farbe Blau in den Vordergrund gestellt. Mit Blau verbindet man den klaren Sommerhimmel oder die Kühle von Bergbächen. Farbkombinationen mit Weiß, hellem Gelb und Grün rufen erfrischende, jugendliche und fröhliche Stimmungen hervor und werden in der Raumgestaltung sowie in der Bekleidungsindustrie verwendet.



Abbildung 10.2: Frisch



Abbildung 10.3: Süß

### Süß

Helle Pastelle in den Farben Rosa, Gelb, Aprikot und Türkis erwecken ein süßes und sommerliches Gefühl. Die Farben haben eine weiche und pulverige Wirkung, sind hell und fröhlich und werden in der Bekleidung, bei Lebensmittel und in der Kosmetik eingesetzt. Das Verwenden von Rot, Orange und Beige in passenden Verhältnissen verleiht ein Gefühl von Wärme. Farbkombinationen mit Grün, Türkis und Blau wirken erfrischend.

### Idyllisch

Die Farben von Bäumen, Gräsern und Gewässern rufen eine idyllische Stimmung hervor. In der Raumgestaltung schaffen diese Farben eine beruhigende und entspannende Umgebung. Braun und Grün stehen hier im Vordergrund. Elfenbein und Beige schaffen eine natürliche Harmonie und unterstützen das Hervortreten anderer Farben und verhindern zugleich, dass diese Farben zu dominant wirken.



Abbildung 10.4: Idyllisch

### Dynamisch



Abbildung 10.5: Dynamisch

Kräftiges Rot und Blau stehen für Lebenskraft, Gesundheit, Aktivität, Humor und Jugend. Zweifarbkombinationen unterstützen diesen Effekt. Bei Verwendung mehrerer Farben erzeugen Weiß und helle Farben lustige und fröhliche Stimmung, während Schwarz und dunkle Farben starke und lebhaftige Stimmung hervorrufen. Diese Farbkombinationen werden in der Sport- und Spielzeugindustrie eingesetzt.

### Resolut

Grau und Schwarz sind die Grundfarben für ein willensstarkes, entschlossenes und reifes Image. Blau und Grün bringen Kühle und Vertrauen zum Ausdruck. Das Einsetzen einer dritten Farbe lässt den Gesamteindruck leichter und weniger düster wirken. Das Verwenden zu heller Farben, kann die Stimmung jedoch stark verändern. Textilien mit Blautönen sind attraktive Männerfarben, während Braun und Weinrot sowohl für Männer als auch für Frauen passend eingesetzt werden.



Abbildung 10.6: Resolut

### Luxuriös



Abbildung 10.7: Luxuriös

Samtartiges Rot, leuchtende Goldfarben und Schwarz erwecken den Eindruck von Wohlstand und Luxus. Kräftige Farben bestimmen solche Kombinationen. Zu ähnliche Farben sollen vermieden werden, da diese dazu neigen ineinander zu verschmelzen und den Eindruck abschwächen. Neben Schwarz kommen Farben besonders kräftig zum Ausdruck. Diese Farbkombinationen werden in der Inneneinrichtung, für antike Möbel sowie Teppiche und zum Dekorieren von Festsäulen und -tafeln verwendet.

## 10.5 Die Verwendung der Farben in den neuen Medien

In der heutigen Wissensverbreitung finden PC und auch Vortragsmethode mittels Beamer regen Anklang. Die Informationsübertragung verläuft über graphisch ansprechende Internetseiten und über Bildschirmpräsentationen.

„Wissen beginnt mit Wahrnehmung, Denken beginnt mit inneren Bildern.“ Mit diesem Leitsatz erkennt Emil Hierold die Wichtigkeit der Visualisierung für die Informationsvermittlung. Der gezielte Einsatz von Farben bei Präsentationen unterstützt das Erkennen von Zusammenhängen und erleichtert das Einprägen abstrakter Sachverhalte. Die folgende Zusammenstellung von Karl Lahmer listet Eigenschaften von Farben für Bildschirmpräsentationen auf. [36]

- **Weiß** steht für Klarheit und Einfachheit. Weiß ist günstig als Hintergrund.
- **Orange** und **Gelb** sind die Farben der Kreativität. Diese Farben werden eingesetzt, wenn das Publikum zum Mitarbeiten motiviert werden soll.
- **Blau** steht für Sachlichkeit. Blaue Rahmen oder blaue Schrift hebt die Informationen hervor und unterstützt das Präsentieren von Fakten.
- **Grün** steht für Zusammenfassungen. Um wichtige Ergebnisse zu wiederholen, werden grüne Rahmen verwendet.
- **Rot** wirkt aktivierend. Die wichtigsten Inhalte können in einem roten Rahmen oder mit roter Schrift dargestellt werden. Zu beachten ist, dass Rot auf Weiß schlecht lesbar ist (kleine Schriften sind fast unlesbar). Rot soll sparsam eingesetzt werden um einen zu aggressive oder schrille Wirkung zu vermeiden.

Für das Gegenüberstellen von Argumenten eignen sich folgende Farbzusammenstellungen.

- **Grün** und **Rot** bewirken Einordnungen in pro und contra oder positiv und negativ.
- **Rot** und **Blau** schaffen eine Verbindung zu aktiv und passiv oder heiß und kalt.
- **Orange** und **Blau** erzielen ein neutrales Nebeneinander (einerseits - andererseits).

Bei der Verwendung von farbiger Schrift auf farbigem Hintergrund, muss auf eine gute Lesbarkeit geachtet werden. Gut zu lesen sind Farben mit starkem Kontrast, z. B. schwarze oder blaue Schrift auf weißem oder gelbem Hintergrund. Darstellungen mit Rot auf Grün und umgekehrt sollten vermieden werden, da bis zu 10% der männlichen Bevölkerung (in diesen Farbtönen) farbfahlsichtig sind. Blau auf Rot sowie Rot auf Blau lösen ein unangenehmes Flimmern aus und sollten ebenfalls nicht genutzt werden. [34][36]

## 10.6 Farbenhören und Tönesehen

Der Physiker und Physiologe Hermann von Helmholtz versucht im Zuge seiner physiologischen Forschung, Fragestellungen und Versuche nachzuvollziehen, die Goethe in der Farbenlehre aufstellt. Er begründet, dass äußere Reize, welche sich den menschlichen Sinnesorganen bieten, erst im Gehirn konkrete Eindrücke wahrgenommen werden. Das Entstehen von visuellen Bildern, Wärmeempfindungen und Geschmackserregung entspringt



letztendlich dem Gehirn.

In seinem Handbuch der Physiologischen Optik beschreibt er das Mitempfinden unterschiedlicher Wahrnehmungen: „Übertragung der Reizung von einem ursprünglich erregten empfindenden Nerven auf einen anderen solchen Nerven, der von keinem äußeren Einflusse getroffen ist, nennen wir Mitempfindung. So erregt der Anblick großer heller Flächen, z. B. von der Sonne beleuchteter Schneefelder, bei vielen Personen gleichzeitig Kitzel in der Nase, (...)“ [17]

Bei manchen Menschen aktivieren Sinnesreize gekoppelte Wahrnehmungen. Das Farbenhören oder „coloured hearing“ ruft farbige Muster bzw. Figuren hervor, wenn Geräusche, Töne oder Musik wahrgenommen werden. Beim Tönesehen wird durch das Betrachten von Farben automatisch ein Klangerlebnis empfunden, obwohl dieser Klang in der Umgebung nicht erzeugt wird. Das Rot einer Ampel kann z.B. den Klang einer Klarinette auslösen.

## Synästhesie

Dieser Effekt eines gleichzeitigen Empfindens von Wahrnehmungen wird Synästhesie<sup>1</sup> genannt. Hier wird bei der Stimulation eines Wahrnehmungssinnes zugleich ein anderer Sinn mitempfunden. Stimulus und Sekundärempfindungen werden als Einheit erlebt und man spricht auch von Doppel-, Mit- oder Zusammenempfindung. Die veränderte Form der Wahrnehmung ist eine psychologisch-neurologische Fähigkeit, bei der die Vermischung der Sinneseindrücke unwillkürlich erfolgt. Das Phänomen der Synästhesie ist schon seit etwa 300 Jahren bekannt. [37]

Die betroffenen Personen (Synästhetiker) verfügen meist über mehrere Synästhesien, von denen zumeist nur eine besonders ausgeprägt ist. Jede Kombination der verschiedenen Sinne ist möglich und auch die Verbindung mit Gefühlseindrücken. Eine Einteilung erfolgt z. B. in die metaphorische Synästhesie und genuine Synästhesie.

## Formen der Synästhesie

Die *metaphorische Synästhesie*<sup>2</sup> tritt bei jenen Menschen auf, bei dem mentale Zustände mit zugeordneten synästhetischen Wahrnehmungen einhergehen. So kann ein Geräusch ein Gefühl erzeugen. Wird mit Fingernägeln über eine Tafel gekratzt oder Styropor an einer Fensterscheibe gerieben, erzeugt dies Geräusche, welche bei manchen Menschen ein unangenehmes Gefühl oder eine Gänsehaut hervorrufen. Die metaphorische Synästhesie erscheint nur temporär und kann unter Umständen wochenlang fehlen.

<sup>1</sup>griech.: syn = zusammen, aisthesis = Empfinden

<sup>2</sup>griech.: methapora = Übertragung

Die *genuine Synästhesie*<sup>3</sup> tritt bei Personen auf, bei denen eine äußere Wahrnehmung unwillkürlich eine synästhetische Wahrnehmung auslöst. Das Charakteristische an dieser angeborenen Synästhesie besteht in der Unveränderlichkeit des jeweiligen synästhetischen Eindrucks. Die Synästhesien treten individuell sehr unterschiedlich auf. Für den einen liefert ein Geräusch den Farbeindruck rot und für den anderen hingegen grün. Die Empfindungen sind aber personenbezogen ein lebenslang konstant. So wird ein Trompetenton immer mit einem z.B. blauen, runden und/oder süßen Eindruck verbunden.

Synästhesien können nach Art der Sekundärempfindung eingeteilt werden. Ein bestimmter Sinnesreiz ruft ein Mitempfinden hervor, das nicht dem Stimulus entspricht.

- **Synopsie:**

(griech.: syn = zusammen, opsis = Sehen, Schau, Beobachtung, Betrachtung)

Sinnesreize erzeugen die visuelle Mitempfindung. Sie kann neben Farben auch Formen umfassen und ist die häufigste Synästhesie-Form. Zum Beispiel werden runde oder kantige Erscheinungen durch Töne oder Gerüche empfunden.

- **Photismen:**

(griech.: phos = Licht)

Nicht-optischer Sinnesreize erzeugen Farb- oder Lichtempfindungen. Ist der Sinnesreiz ein Ton oder Geräusch (auditive Wahrnehmung), spricht man von *Farbenhören*. Z. B. löst der Klang einer Geige den Farbeindruck von Blau oder Rot aus.

- **Phonismen:**

(griech.: phone = Stimme)

Nicht-akustische Sinnesreize erzeugen Gehörempfindungen. Verursacht die visuelle Wahrnehmung das Gehörempfinden, spricht man von *Tönesehen*, z.B. bringt die Farbe Gelb einen hohen Ton hervor.

Synästhesien werden auch nach der Art der Stimulation unterteilt.

- **Graphemische Synästhesie:**

(griech.: graphein = schreiben)

Synästhesien werden durch die kleinste Einheit eines Schriftsystems, z.B. Buchstabe, Ziffer (Grapheme) ausgelöst. Die Grapheme können gelesen, gehört oder gedacht werden. Farbwahrnehmungen bei Graphemen gehören zu den häufigsten Synästhesie-Formen.

- **Phonemische Synästhesie:**

(griech.: phone = Stimme)

Phoneme, die kleinste unterscheidbare lautliche Einheit, lösen Synästhesien aus. Stimme erzeugt das Mitempfinden von Farbe, Geschmack oder ein Tastempfinden.

- **Haptische Synästhesie:**

(griech.: haptain = berühren, erfassen)

---

<sup>3</sup>lat.: genuin = echt, angeboren (Med.)



Abbildung 10.8: Farbsehen bei Ziffern

Durch Berühren einer Oberfläche werden visuelle oder auditive Mitempfindungen ausgelöst. Man spricht vom *Fühlsehen*, wenn das Sehen von Farbe und/oder Formen mit einem haptischen Erlebnis verbunden wird, obwohl physisch keine Berührungen stattfinden. Der visuelle Eindruck löst ein Empfinden aus, welches sich z. B. anfühlt als ob man mit der Hand eine glatte, rauhe oder feuchte Oberfläche berührt.

- **Olfaktorische Synästhesie:**

(lat.: olfacere = riechen)

Durch den Geruch wird automatisch ein anderer Sinn mitaktiviert. Gerüche können Farben, Klänge oder taktiles Empfinden auslösen.

- **Gustatorische Synästhesie:**

(lat.: gustare = schmecken)

Der Geschmacksinn ist mit einem anderen Sinn gekoppelt. Es können beim Schmecken z.B. ein farbiges, ein klangliches oder ein taktiles Empfinden mitausgelöst werden.

## Literarische Synästhesie

Es gibt auch in der Literatur den Begriff der Synästhesie. Hier sind keine erlebten Wahrnehmungsphänomene gemeint, sondern vielmehr synästhetische Metaphern oder Analogien. Dabei wird ein Sinneserlebnis sprachlich mit einem anderen Sinneserlebnis oder mit einer Eigenschaft aus einem anderen Sinnesbereich verbunden. Beispiele dafür sind: süßer Ton, eisiger Blick, bitterer Schmerz.

[38]

## Limbisches System

Die Synästhesie entspringt einer Besonderheit des limbischen<sup>4</sup> Systems im Gehirn. Neuroanatomisch gesehen ist das limbische System eine Ansammlung komplizierter Strukturen in der Mitte des Gehirns, welche den Hirnstamm wie ein Saum umgeben. Es ist ein System mehrerer ringförmig miteinander verbundener Bereiche des Gehirns, welches Stimmungen und Gefühle beeinflusst und für das Gedächtnis von Bedeutung ist.

---

<sup>4</sup>lat.: Limbus = Saum, Rand

Im Bereich der Sinneswahrnehmungen werden bei Synästhetikern neben der für die Verarbeitung eines eingehenden Reizes verantwortlichen Region auch andere Regionen aktiviert.

Das limbische System ist besonders eng mit dem Thalamus<sup>5</sup> verbunden, dieser bildet den größten Teil des Zwischenhirns, welcher eine starke Verbindung zum gesamten Großhirn aufweist. Das System beeinflusst über diesen auch das endokrine System (alle Organe und Gewebe, die Hormone produzieren) und das vegetative Nervensystem (Steuerung der inneren Organe z. B. Herzschlag, Atmung, Blutdruck). Das limbische System stellt einen stammesgeschichtlich relativ alten Teil des menschlichen Gehirns dar und war vermutlich ursprünglich vor allem für die Verarbeitung von Gerüchen zuständig.

In Bezug auf die Wahrnehmung kommt dem limbischen System eine wichtige Rolle zu. Das limbische System ist beim Menschen in erster Linie für die Steuerung von Affekten, Emotionen und Motivationen, Gefühlen wie Angst und Aggression, für Schmerzempfindung und Stress verantwortlich. So betrachtet kann das limbische System durchaus als Basis für die unmittelbare Wirkung von Sinnesreizen auf das allgemeine Befinden bezeichnet werden. Man nennt das limbische System daher auch das Gefühlszentrum des Gehirns.

Auch instinktives Verhalten wird vom limbischen System beeinflusst. Darüber hinaus spielt das limbische System bei der Übertragung von Erinnerungen in das Langzeitgedächtnis, für Bewusstsein und Aufmerksamkeit sowie beim Lernen eine wichtige Rolle.

Das limbische System wirkt unter anderem wie ein Filter, der Sinnesreize abschwächt oder verstärkt und zuordnet. Schmerz kann in Ausnahmesituationen (z. B. bei Gefahr) unterdrückt werden. Kommt ein Sinnesreiz vom Ohr, dann wird er dem Hören und somit dem Hörzentrum zugeordnet. Kommt er vom Auge, dann erfolgt die Zuordnung dem Sehen und somit dem Sehzentrum, usw. Im Bereich der Sinneswahrnehmungen werden bei Synästhetikern, neben der für die Verarbeitung eines eingehenden Reizes verantwortlichen Region, auch andere Regionen aktiviert. Die Betroffenen nehmen Synästhesie deshalb in Form einer von der eigentlichen Empfindung untrennbaren Assoziation wahr.

[37] [39]

### Wissenschaftliche Untersuchungen

Das Phänomen der Synästhesie wird erstmals 1880 von Sir Francis Galton wissenschaftlich beschrieben. Ende des 20. Jh. untersucht Simon Baron Cohen, Professor für Psychologie und Psychiatrie am Trinity College der Universität Cambridge, die Hirnstromaktivität bei Säuglingen.

---

<sup>5</sup>griech.: thalamos = Schlafgemach, Kammer

Er setzt die Säuglinge akustischen Reizen aus und misst deren Hirnströme in verschiedenen Regionen des Gehirns. Er stellt Aktivitäten auch in den Sehzentren fest, was darauf hinweist, dass die Säuglinge ihre Sinnesreize zunächst undifferenziert erleben. Die Differenzierung setzt erst später ein, etwa ab dem vierten Lebensmonat.

Baron-Cohen interpretiert dies so, dass die Natur im Verlauf der Evolution modulare Sinne, d. h. die Trennung des Sehens vom Hören, begünstigt. Allerdings wohl bei einigen Personen nicht völlig. Das wird dann zu der seltenen Gabe einer erweiterten Wahrnehmung, eben Synästhesie. Simon Baron-Cohen vermutet, dass im Gehirn dieser Menschen eine ungewöhnliche biologische Verdrahtung existiert.

### Vorkommen und Häufigkeit

Die Schätzungen bzgl. der Anzahl von Synästhetikern in der Bevölkerung liegen weit auseinander und reichen von 1:25.000 lt. Richard E. Cytowic bis hin zu 1:300 bei sporadischen Umfragen. Synästhesie findet sich zwar überall in der Bevölkerung, tritt allerdings familiär gehäuft auf. Richard E. Cytowic untersuchte die familiäre Häufung und stellte einen erhöhten Frauen- und Linkshänderanteil unter den Synästhetikern fest. Er spricht von einer vererbten Synästhesie und zeigt, dass 25% der direkten Nachkommen ebenfalls diese zusätzliche Wahrnehmungsfähigkeit aufweisen.

[37]

## 10.7 Stroop-Effekt

Wird das Wort grün in roter Schrift gelesen, verlangsamt sich die Benennung der Druckfarbe, welche man gedruckt vor sich sieht. Diesen Effekt beschreibt der Psychologe John Ridley Stroop 1935 und nennt ihn Farb-Wort-Interferenz. Treten Farbbenennung und Farbwort miteinander in Konflikt (sind diese also inkongruent), verzögert oder erschwert sich die Wiedergabe der Druckfarbe. Messungen ergaben, dass die Reaktionszeit um ca. 100 bis 200ms langsamer wird.

### Beobachtungsmöglichkeiten:

Die Farben der Wörter in der Abbildung 10.9 sollen benannt werden. Der Text soll nicht gelesen werden.

Wenn sich Bedeutung und Farbe unterscheiden, werden die meisten Menschen langsamer, denn die zwei Informationsquellen geraten in Konflikt. Dieses Phänomen zeigt sich auch bei Objekten, denen eine Farbe eindeutig zugeordnet werden kann (z.B. Kohle oder Gras).

Eine weitere Beobachtungsmöglichkeit zeigt den Effekt mit Graustufen und Helligkeitsbezeichnung. Die drei Quadrate sind in unterschiedlichen Graustufen (Abb. 10.10) dargestellt.



Abbildung 10.9: Versuchstext zur Farbbenennung



Abbildung 10.10: Graustufen: Hell - Mittel - Dunkel

Im Text 10.11 soll die Helligkeit der Schrift so schnell wie möglich genannt werden. Der Text soll nicht gelesen werden.

**HELL MITTEL DUNKEL**

Abbildung 10.11: Versuchstext zur Benennung der Graustufen

### Inkongruente Reize

Auch bei anderen inkongruenten Reizen funktioniert der Stroop-Effekt. Wird das Wort leise an eine Tafel geschrieben und dabei laut ausgesprochen, gibt ein Beobachter das gelesene Wort schneller wieder als die Bezeichnung der Lautstärke. Die Vermutung, dass Wörter schneller identifiziert werden als andere Reize, konnte von Paul Fraisse 1964 widerlegt werden. Er zeigt experimentell, dass Bilder schneller erkannt werden als Wörter. [40] [41]

## 10.8 Farbtherapie als ergänzende Heilmethode

Goethe beschreibt die Freude die der Mensch an der Farbe empfindet und äußert, dass man die vermuteten Heilkräfte von Edelsteinen der Farbe zugeschrieben hat.

*Die Menschen empfinden im allgemeinen eine große Freude an der Farbe. Das Auge bedarf ihrer, wie es des Lichtes bedarf. Man erinnere sich der Erquickung, wenn an einem trüben Tage die Sonne auf einen einzelnen Teil der Gegend scheint und die Farben daselbst sichtbar macht. Daß man den farbigen Edelsteinen Heilkräfte zuschrieb, mag aus dem tiefen Gefühl dieses unaussprechlichen Behagens entstanden sein.*  
Didaktischer Teil, §759 [2]

In vielen Kulturkreisen werden Farben mit bestimmten heilenden Kräften in Verbindung gebracht. Bereits im alten Ägypten und China wurde die heilende Wirkung von Farben zur Linderung verschiedener Beschwerden eingesetzt. Heute geht man davon aus, dass Farben nicht nur den Gemütszustand ändern, sondern auch direkt körperliche Prozesse beeinflussen. [42]

Es gibt unterschiedliche Methoden eine therapeutische Wirkung zu erzielen, z.B. das Betrachten von Farbtafeln, die Bestrahlung mit farbigem Licht oder die Farbvisualisierung, dem reinen Vorstellen einer Farbe.

### Positive Auswirkung der Farbtherapie

Die Farbtherapie ist immer mit körperlicher und geistiger Entspannung verbunden und wird bei Nervosität und Konzentrationsstörungen eingesetzt. Ein positiver Effekt zeigt sich auch bei Muskelverspannungen und Schlaflosigkeit. [42]

### Aura-Soma

Der Begriff Aura-Soma<sup>6</sup> Therapie stammt von Vicky Wall (1918-1991), einer englischen Apothekerin. Im Mittelpunkt der Therapie stehen die Balance-Flaschen (Equilibrium-Flaschen). Diese Flaschen enthalten zwei Flüssigkeiten. Durch die Verwendung einer öligen und einer wässrigen Flüssigkeit, meist unterschiedlicher Farbe, entstehen zwei Schichten. Verschiedene Mineralien, Kräuter- und Pflanzenauszüge erzeugen dabei die Farbe. Durch Schütteln einer Flasche, entsteht eine Emulsion von der ein paar Tropfen auf die Haut aufgetragen werden.

Aura-Soma ist eine nicht eingreifende Farbtherapie, d.h. aus den über 100 verschiedenen Equilibrium-Flaschen sucht man individuell 4 Flaschen aus, die für unterschiedliche Ebenen des Körpers stehen und diesen positiv beeinflussen sollen.

[42] [43]

---

<sup>6</sup> griech.: aura = Lufthauch, Hauch; griech.: soma = Körper



Abbildung 10.12: Balance-Flaschen



# 11 Biologie und Medizin

Aus biologischer Betrachtungsweise stelle ich die heutigen Erkenntnisse und Forschungen über den Aufbau des Auges und über die Funktion des Sehorgans dar. Das Auge ist das erste Organ für die Farbwahrnehmung. Anomalien des Auges lassen bewirken unterschiedliche Farbwahrnehmungen. Goethe erkennt die Farbfehlsichtigkeit einzelner Personen und beschreibt dieses Phänomen in der Farbenlehre. Diese Beschreibungen, welche auch als graphische Darstellungen in einer Tafel zur Farbenlehre geschildert sind, können als Einführung für die heutigen Erkenntnisse über Farbblindheit dienen. Somit kann die Entwicklung aus einem Teilbereich der Farbenlehre aufgezeigt werden.

Aus Goethes Beobachtungen in der Pflanzenwelt und seiner Untersuchung zur Wirkung farbiger Beleuchtung auf lebende Organismen, kann schließlich die aktuelle Forschung von der Wirkung der farbigen Beleuchtung auf den menschlichen Organismus und die Behandlung von Tumorzellen mit Farbbestrahlung aufgezeigt werden. Dies ist ein Beitrag der es ermöglicht einen Sachverhalt von verschiedenen Seiten zu betrachten. Von frühen Untersuchungen ausgehend kann man den Entwicklungsverlauf bis zu den aktuellsten Erkenntnissen in der Forschung aufzeigen, es aber auch möglich den Verlauf in umgekehrter Richtung anzustellen.

## 11.1 Aufbau des Sehorgans

In der ersten Abteilung des didaktischen Teils beschäftigt sich Goethe mit den physiologischen und den pathologischen Farben. Nach Goethe sind die physiologischen Farben jene, die in der Natur des Sehorgans zu finden sind und nicht in objektiven Vorgängen.

Farben sehen, Farben erkennen und Farben unterscheiden, sind Fähigkeiten, die der Mensch sein Eigen nennt. Das Sehorgan ermöglicht ihm die Umwelt farbig zu empfinden. Licht dringt in das Auge und wird in der Netzhaut in Signale (Nervenimpulse) umgewandelt, die über den Sehnerv ins Sehzentrum des Gehirns gelangen.

### Das Auge

Das Auge (lateinisch Oculus) ist ein Teil des Sehorgans. Ein Bild gelangt über die Hornhaut und die Linse in den Glaskörper und wird auf der Netzhaut (lateinisch Retina<sup>1</sup>) abgebildet. Diese Abbildung ist verkleinert und umgekehrt. Für die Lichtbrechung ist vorwiegend die Hornhaut verantwortlich, die Linse dient lediglich der Feinjustierung. Die

---

<sup>1</sup>lat.: rete = Netz

Iris steuert als Blende die Lichtmenge, welche auf die Retina gelangt. [51]

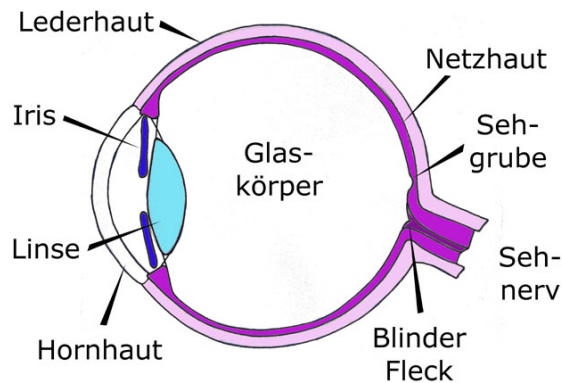


Abbildung 11.1: Der Aufbau des Auges

### Die Netzhaut

Die Netzhaut ist die lichtempfindliche Schicht an der hinteren Seite des Auges und enthält zwei Arten von Lichtsinneszellen (Photorezeptoren), die Stäbchen und die Zapfen. Die Netzhaut enthält etwa 120 Millionen Stäbchen und etwa 7 Millionen Zapfen.

Sie besteht aus mehreren Schichten und leitet verarbeitete Signale über die Sehnerven zum Gehirn. Im Bereich des Austritts der Sehnerven, befinden sich keine Photorezeptoren und wird daher *blinder Fleck* genannt.

[51] [52]

### Beobachtungsmöglichkeit: Blinder Fleck (nach Helmholtz)

Man schließt das linke Auge und fixiert mit dem rechten das schwarze Kreuz in der Abbildung 11.2. Beginnend bei einer Betrachtungsentfernung von nur wenigen Zentimetern (3-4cm), bewegt man den Kopf immer weiter weg und vergrößert dadurch den Abstand zum Kreuz. Damit die Beobachtung gelingt, ist darauf zu achten, dass man den Blick fest auf das Kreuz richtet und nicht seitwärts blickt und die Bewegung sehr langsam durchführt. [17]

In einer bestimmten Entfernung zur Abbildung verschwindet die schwarze Kreisfläche vollkommen. Verbleibt man in der Stellung in der die Kreisfläche nicht gesehen wird, können von einer weiteren Person kleine farbige Plättchen in den Kreis gelegt werden. Der Beobachter kann die Farbe der Plättchen nicht benennen, soweit sein Blick weiterhin auf das Kreuz gerichtet ist. Vergrößert oder verringert man die Distanz zur Abbildung, lässt sich die Kreisfläche wieder erkennen und wird im indirekten Sehen wahrgenommen.

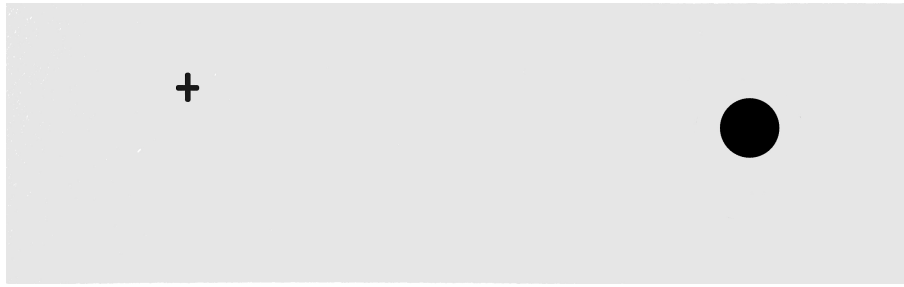


Abbildung 11.2: Figur zur Beobachtung des blinden Flecks

### Beobachtungsmöglichkeit: Blinder Fleck (nach Feynman)

Man hält das linke Auge geschlossen und richtet seinen Blick auf eine Fingerspitze der rechten Hand bei ausgestrecktem Arm. Fixiert man nun einen dahinter liegenden Gegenstand und bewegt die Hand langsam nach rechts aus dem Blickfeld, wird der Finger an einer bestimmten Stelle plötzlich verschwinden. Er zeigt sich erst wieder, wenn die Auswärtsbewegung fortgeführt wird. [44]

### Schichten der Netzhaut

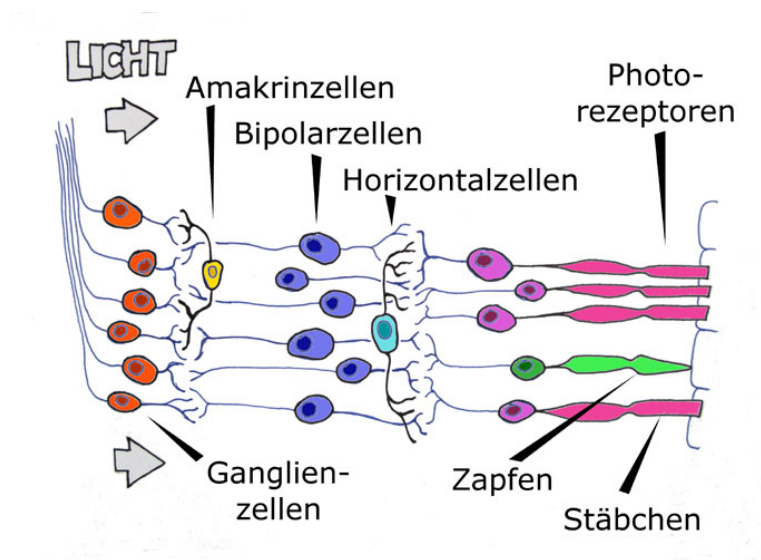


Abbildung 11.3: Aufbau der Netzhaut

Die Netzhaut ist ein geschichtetes Gewebe. Der Lichtreiz gelangt durch mehrere teils miteinander vernetzte Nervenzellen (Neuronen) zu den Photorezeptoren. Diese wandeln die Lichtsignale in elektrische Signale um. Das Signal der Photorezeptoren wird an die mittlere Schicht, in der sich die Bipolarzellen befinden, weitergegeben. Diese Schicht be-

steht außerdem noch aus den Horizontal- und Amakrinzellen, die für seitliche Vernetzung der Zellen sorgen. Die Zellen in dieser Schicht kombinieren die Signale von mehreren Photorezeptoren.

Das vorverarbeitete Signal gelangt aus den Bipolarzellen zu den Ganglienzellen und hängt von räumlichen und zeitlichen Lichtmustern auf der Netzhaut ab. Die Ganglienzellen bilden das Ausgangssignal, das über den Sehnerv zur weiteren Verarbeitung ins Gehirn geschickt wird.

Durch die Vernetzung und der Vorverarbeitung in der Netzhaut, kommt es zu einem interessanten Effekt. Ein stufenförmiger Verlauf (Machbänder) wird als sehr kontraststark wahrgenommen.

[51] [52]

### Beobachtungsmöglichkeit: Machbänder

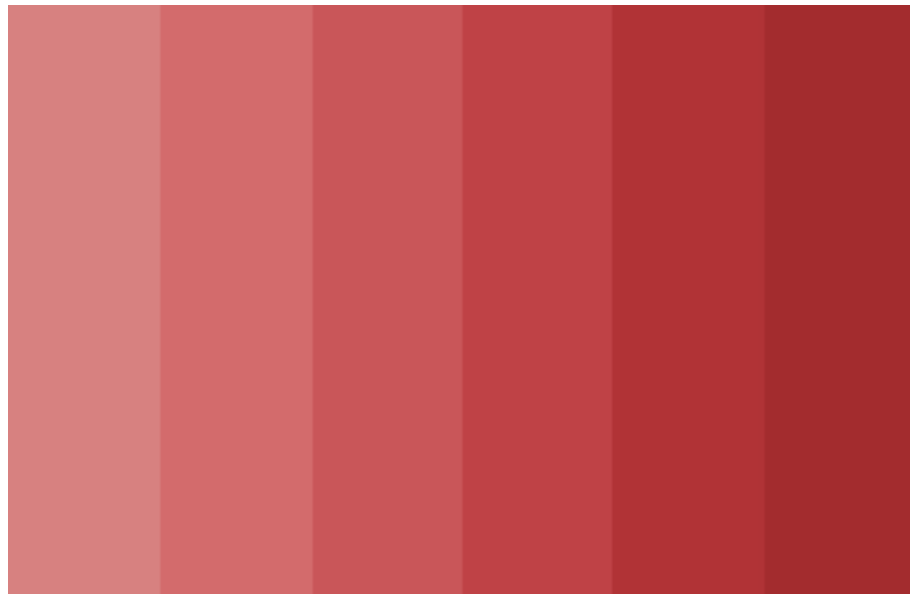


Abbildung 11.4: Gefärbte Machbänder

In der Abbildung 11.4 wird mit einem Bleistift eine Kante zwischen zwei Bändern bedeckt. Man betrachtet und vergleicht den Helligkeitsunterschied der einzelnen Bänder.

Innerhalb eines Bandes herrscht die gleiche Helligkeit. An der Grenze zwischen einem helleren und einem dunkleren Band wird der Helligkeitsunterschied verstärkt. Das hellere lässt das dunklere Band noch dunkler erscheinen. Diesen Effekt kannte bereits der französische Chemiker Michel Chevreul (1786-1889). [45]

Wenn ein Bereich auf der Netzhaut mit viel Licht an einem mit wenig Licht grenzt, werden die Zellen in der Mittelschicht unterschiedlich stark angeregt. An der Grenze hemmen die stark aktiven (viel Licht) Nervenzellen, die weniger aktiven. Durch die Vernetzung der Zellen gibt es im Bereich der Kante Neuronen, die stärkere oder schwächere Signale senden. Die Abbildung 11.5 zeigt die zu beobachtende Verstärkung an den Kanten der Bänder. [44]

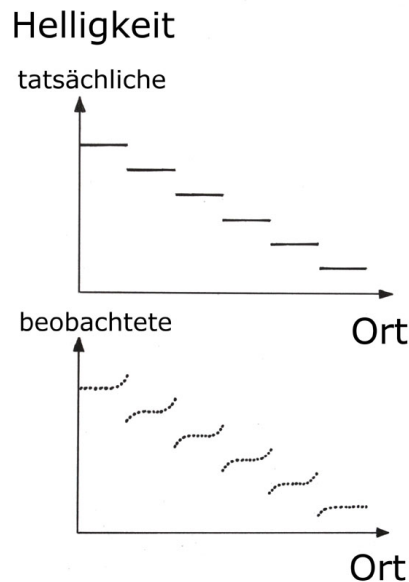


Abbildung 11.5: Tatsächliche und beobachtete Intensität bei den Machbändern

## Stäbchen und Zapfen

Die **Stäbchen** können sehr geringer Lichtintensitäten detektieren und sind für das Dämmerungssehen optimiert. Sie unterscheiden hell und dunkel, aber keine Farben.

Im Außenbereich der Netzhaut gibt es mehr Stäbchen als im Zentrum, darum sehen wird bei Dämmerung in der Peripherie besser als im Zentrum (indirektes Sehen). Mehrere Stäbchen übertragen ihr Signal auf nur ein Neuron (Bipolarzelle). Dadurch erklärt sich auch, dass bei schwachem Licht die Trennschärfe verschwindet. Die Details eines Gegenstandes werden im Dunklen nicht sehr gut aufgelöst.

Stäbchen werden optimal von blau-grünem Licht angeregt und vermitteln die Wahrnehmung von Grautönen.

Durch ihren großen Querschnitt (ca.  $1\mu m^2$ ) reagieren Stäbchen bereits auf Lichtintensitäten von nur wenigen Photonen. Bereits das Auftreffen von 500 Photonen in einer

Sekunde führt zur Sättigung. Bei hellem Tageslicht sind alle Stäbchen in Sättigung und können der Bilddarstellung nicht beitragen. Der hohe Sehpurpurgelhalt (Rhodopsin) und die neurale Nachverarbeitung tragen zum Sehen bei geringen Lichtverhältnissen bei.

Die **Zapfen** dienen der Farbwahrnehmung. Meist übertragen nur wenigen Zapfen die Signale auf ein nachgeschaltetes Neuron. Dadurch werden Gegenstände schärfer wahrgenommen. Die zeitliche Auflösung ist besser. Über das Sehen mit den Zapfen lassen sich schnelle Bewegungen erkennen.

Um jedoch zu reagieren, benötigen sie eine etwa 30-fach höhere Lichtintensität als die Stäbchen. Farbsehen ist somit erst ab einer gewissen Lichtstärke möglich. Sie reagieren bis zu etwa 1 Millionen Photonen pro Sekunde, was blendend hellem Tageslicht entspricht.

Es gibt drei Arten von Zapfen, die auf unterschiedliche Lichtenergie reagieren: Die S-Zapfen (short) für Blau, die M-Zapfen (medium) für Grün und die L-Zapfen (long) für Rot. Die Abbildung 11.6 zeigt die Sensitivität der Zapfen und Stäbchen im sichtbaren Spektralband.

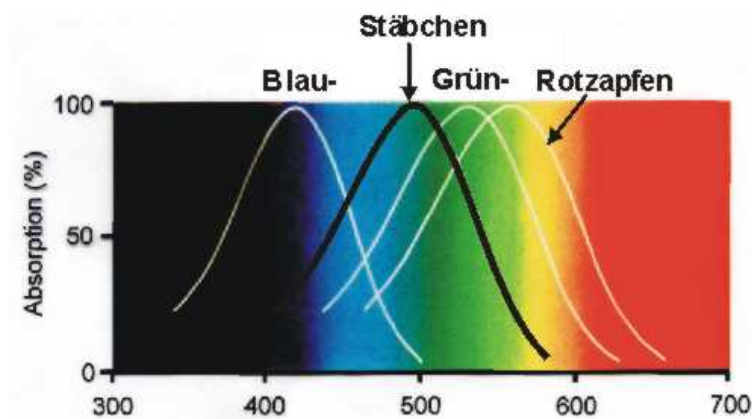


Abbildung 11.6: Sensitivität der Zapfen und Stäbchen

Es ist deutlich erkennbar, dass die Stäbchen im roten Bereich nicht aktiv sind. Somit ist Rot jene Farbe die bei Dämmerung als erste dunkler wird und schließlich vollkommen schwarz empfunden wird. Das Phänomen des unterschiedlichen Helligkeitsempfindens von Farben bei Tag und Nacht bezeichnet man als den Purkinje Effekt.

[51] [52]

### Versuch: Purkinje Effekt

Legt man ein blaues und rotes Blatt Papier nebeneinander und ändert die Lichtstärke, wird bei schwächerer Beleuchtung das rote Blatt dunkler empfunden. Es kann dabei ein

rotes Blatt verwendet werden, das bei Beleuchtung viel heller erscheint als ein blaues, die Wirkung bleibt die gleiche. Das Rot erscheint viel früher dunkel. [44]

### Der gelbe Fleck (die Sehgrube)

In der Mitte der Netzhaut befindet sich die Sehgrube oder der gelbe Fleck. Als gelber Fleck (lateinisch *Macula lutea*) wird der Bereich der menschlichen Netzhaut bezeichnet, der die höchste Dichte von Photorezeptoren aufweist.

Samuel Thomas Sömmering (1755-1830), ein Mediziner, der Untersuchungen auch in den Gebieten der Physiologie und Physik unternimmt, beschreibt erstmals den gelben Fleck. Goethe zählt Sömmering zu den Gelehrten, die ihm Beistand bei seinen naturwissenschaftlichen Betrachtungen leisten.

Der gelbe Fleck hat einen Durchmesser von ca.  $5\text{mm}$  und ist hauptsächlich für das Farbsehen verantwortlich. Die äußere  $1,5\text{mm}$  breite Zone des gelben Flecks ist der Bereich der höchsten Stäbchendichte, sie liegt bei ca.  $150.000$  pro  $\text{mm}^2$ .

Das Zentrum der Sehgrube besteht ausschließlich aus Zapfen und wird Fovea genannt. Sie hat einen Durchmesser von nur  $0,5\text{mm}$ . Die Zapfendichte liegt in der Fovea bei ca.  $140.000$  pro  $\text{mm}^2$ , hingegen in der Peripherie bei ca.  $10.000$  pro  $\text{mm}^2$ .

Die hohe Zapfendichte in der Fovea ist ein Grund für das scharfe Sehen (feinste Ortsauflösung) mit diesem Teil der Netzhaut. Der zweite Grund ist, dass in der Fovea jedem Zapfen eine Ganglienzelle zugeordnet ist. Somit kann jeder Zapfen einen Bildpunkt produzieren. In der Peripherie der Netzhaut laufen hingegen die Signale von bis zu 130 Photorezeptoren auf eine Ganglienzelle zusammen.

Die Augenmuskeln rücken uns meist unbewusst in rascher zeitlicher Abfolge verschiedene Ausschnitte eines Objektes vor den gelben Fleck. Das Auge ruht also beim Betrachten nie und führt ständig kleine Bewegungen aus.

Ein Punkt wird für Sekundenbruchteile fixiert. Danach bringen die Augenmuskeln mit einer ruckartigen Bewegung einen neuen Punkt des Objekts vor den gelben Fleck. Dieser Bewegungsvorgang wird Saccade genannt.

Aus diesem Abtasten wird schließlich das ruhende und scharfe Gesamtbild erzeugt. Bei ruhiger Betrachtung dauern die einzelnen Fixationen  $0,2$  bis  $0,6$  Sekunden, bei schnelleren Blicken werden die Saccaden häufiger und die Fixationszeiten kürzer.

[51] [52]

## Der Sehpurpur

Das Pigment der Stäbchen ist der Sehpurpur (Rhodopsin) einem lichtempfindlichen Molekül. Dieses Molekül bildet sich aus den zwei Proteinen, dem Retinal und dem Opsin.

Retinal wird vom Organismus aus Vitamin A hergestellt. Fehlt dieses Protein oder liegt ein Mangel vor, so kommt es zur Nachtblindheit.

Der Lichteinfall bewirkt eine Veränderung des Retinalanteils, hierfür wird nur ein Photon benötigt. Dadurch kommt es zu einer räumlichen Umordnung im Opsin und ein Nervenimpuls wird ausgelöst.

Während Stäbchen am besten blaugrünes Licht absorbieren, teilen sich die drei Zapfentypen das sichtbare Spektrum. Dazu dienen drei unterschiedliche Opsinproteine: Blau-, Grün- und Rotopsin. Diese Proteine sind durch Genduplikation entstanden und weisen nur geringe Strukturunterschiede auf. Sie unterscheiden sich in ihrer Empfindlichkeit nach der auftretenden Lichtenergie.

[47] [48]

## 11.2 Die Farbwahrnehmung

### Der Farbreiz

Der in das Auge treffende Farbreiz (Lichtenergie) wird von den Zapfen absorbiert und im weiteren Verlauf in einen Sinneseindruck umgewandelt. Der Farbreiz ist die physikalische Ursache von Farbvalenz und Farbempfindung. [49]

### Die Farbvalenz

Die Farbvalenz ist die untrennbare Gesamtwirkung der Einzelerregungen der drei Zapfentypen. Ihr liegen die Gesetze der additiven Farbmischung zugrunde. Die Farbvalenz beschreibt die Wertigkeit des Lichtreizes für die additive Mischung und ist eindeutig charakterisiert durch die Erregungszustände der drei Zapfenarten.

Die Farbvalenz ist die physiologische Vorstufe der Farbempfindung. Das Ergebnis der Farbvalenz ist jedoch noch nicht die Farbempfindung, denn diese entsteht erst im Gehirn.

[49]

### Die Farbempfindung

Die Farbempfindung hängt von verschiedenen Faktoren ab, unter anderem der Beleuchtung. Für die Beleuchtung zur Farbwahrnehmung einer Körperfärbung werden Normlichtarten (z.B. Sonnenlicht) festgelegt. Ein Grün reflektierender Körper erscheint bei Beleuchtung mit Spektral reinem Rot als schwarz.



Biologisch wichtig ist die Farbkonstanz der Gegenstände, durch die das Auge Schnee unter blauem Himmel und weißes Papier im grünen Wald weiß sieht. Ein Farbfilm würde die blaue Reflexion des Schnees und die grüne Tönung auf dem Papier zeigen.

Durch eine farbige Vorbeleuchtung kann eine farbige Umstimmung entstehen. Für Farbvergleiche muss sich das Auge in Neutralstimmung befinden.

Verschiedene Farbreize können gleiche Farbvalenz haben. Die Gleichheit zweier Farbvalenzen wird mit Farbmischungsapparaten festgestellt. Beim Gleichheitsverfahren werden die beiden Mischfarben in einem zweigeteilten Gesichtsfeld gleichzeitig dem Auge dargeboten. Der Farbreiz der einen Mischfarbe wird so lange verändert, bis das Auge die Gleichheit mit der anderen Mischfarbe feststellt.

Nach Graßmann kann jede Farbvalenz  $F$  aus drei nicht durch Mischung auseinander erzeugbaren Bezugsfarben den Primärvalenzen  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  durch additive Farbmischung hergestellt werden. Die Farbvalenz wird in der Form  $F = R\alpha + B\beta + G\gamma$  dargestellt. Die Mischungsanteile der drei Zapfentypen  $R, B, G$  sind die Farbmaßzahlen oder Farbkoordinaten, welche die Farbvalenz in bezug auf das gewählte Primärvalenzsystem eindeutig festlegt.

Die Größe der Gesamterregung  $R + B + G$  ist ein Maß für die Helligkeit. Liefert jeder Farbrezeptor ein Drittel der Farbvalenz, dann wird die Farbe als unbunt empfunden (Graustufen). Sind alle drei Zapfenarten gesättigt, ergibt sich daraus blendendes Weiß. [49]

## Der Farbkörper

Die Primärvalenzen  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  können als Basisvektoren der Farbvalenz aufgefasst werden und spannen den Farbraum auf. Alle Farben mit den Komponenten  $R, B, G$  liegen in einem Farbkörper dieses Vektorraumes. Die Körperfarben im Inneren und die gesättigten Farben liegen an der Oberfläche des Körpers.

Der Farbton ist durch die relativen Erregungen  $b, g, r$  der Farbmaßzahlen gegeben:

$$b = \frac{B}{B + G + R}, \quad g = \frac{G}{B + G + R}, \quad r = \frac{R}{B + G + R}$$

Wegen  $b + g + r = 1$  ist der Farbton schon durch zwei Farbwertanteile festgelegt und lässt sich in ebenen Farbtafeln darstellen.

Ausgehend von einem Dreieck ordnet Helmholtz die Spektralfarben hufeisenförmig von Violett über Grün nach Rot an (Abb. 11.7). Grün an der Ecke des Dreiecks kann nicht erreicht werden, denn es gibt keinen Farbreiz, der nur diesen Farbrezeptor erregt. Da sich der Spektralfarbenzug nicht schließt, erweitert Helmholtz den Bogen mit der Pur-

purgeraden und stellt die Mischfarben zwischen Violett und Rot dar.  
[49] [17]

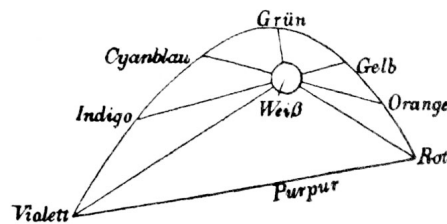


Fig. 19.

Abbildung 11.7: Farbordnung in der Ebene

## Die Empfindungsanalyse

Bei der Empfindungsanalyse nach Ostwald und Hering wird eine Farbe durch Weißgehalt  $w$ , Schwarzgehalt  $s$  und Bunt-, Farbton-, Sättigungs- oder Vollfarbengehalt  $v$  gekennzeichnet, dabei gilt  $w + s + v = 1$ .

Diese Anordnung lässt sich im farbtongleichen Dreieck zeigen. Die Vollfarbe  $v = 1$  ist eine gesättigte Körperfarbe, alle anderen sind ungesättigt, d.h. weiß-, schwarz- oder grauverhüllt. Man beachte, dass Körperfarben nie die Sättigung von Lichtfarben erreichen. Die Farbrezeptoren können mit Körperfarben nicht in den voll gesättigten Erregungszustand gebracht werden.

[10] [49]

## 11.3 Das krankhafte Auge und die Farbblindheit

Farben, die auf Grund eines krankhaften Auges empfunden werden, nennt Goethe pathologische Farben. Dies zeigt sich unter anderem in einer Farbblindheit oder auch in einer Farbenschwäche. In der ersten Tafel (siehe Abb. 6.1) teilt Goethe seinen Farbkreis in zwei Bereiche: Einen, wie es das gesunde Auge sieht und einen, wie es seiner Meinung nach Menschen mit Farbblindheit sehen. Hier ist zu erkennen, dass sie Grün von einem Dunkelorange und Blau von einem Blassrosa nicht unterscheiden können.

*Wenn man die Unterhaltung mit ihnen dem Zufall überlässt und sie bloß über vorliegende Gegenstände befragt, so gerät man in die größte Verwirrung und fürchtet wahnsinnig zu werden. Mit einer Methode hingegen kommt man dem Gesetz dieser Gesetzwidrigkeit schon um vieles näher.*

Didaktischer Teil, §109 [2]

Goethe nimmt an, dass seine Probanden weniger Grundfarben sehen können. Er lässt die Probanden unterschiedliche Bilder beschreiben und kann dadurch jene Farben bestimmen, welche diese nicht sehen konnten. Auf diese Art und Weise kann er den jeweiligen

Defekt bestimmen. Die Methode die Goethe anwendet, ist ein Weg, der über reines Aufzählen und Darlegen der Effekte hinausgeht. [9]

Goethe beschäftigt sich mit Darstellungen zur Erfassung der Farbblindheit. Dies zeigen seine Abbildungen und Tafeln, sowie verschiedene Landschaftsbilder mit der fehlenden Farbe Blau. Er bezeichnet diese Farbblindheit als Akyanoblepsi<sup>2</sup>.

*Nehmen wir aus unserem Farbenkreise das Blaue heraus, so fehlt uns Blau, Violett und Grün. Das reine Rot verbreitet sich an der Stelle der beiden ersten, und wenn es wieder das Gelbe berührt, bringt es anstatt des Grünen abermals ein Orange hervor.*

Didaktischer Teil, §112 [2]

Goethe stellt fest, dass die Probanden blau und rosafarben nicht unterscheiden können. So entsteht die Frage, ob beide Farben den Eindruck blau oder rot hervorrufen. Goethe kommt zu dem Schluss, dass hier Blaublindheit vorliegt. Da er sich die Farben Grün und Violett nur als Mischung mit Blau denkt, spricht er den Blaublinden die Empfindung dieser Farben ab.

Die Landschaft auf der ersten Tafel bildet einen rötlichen Fluss ab, umgeben von einem Park und einem dahinter liegenden Wald. Die Bäume in der Nähe zeigen gelbe und braune Belaubung, während jene in der Ferne graubraun aussehen, ähnlich wie Bergzüge in der Ferne. Berge und Gegenstände in der Ferne wirken durch die Luftperspektive bläulich. Da auch der Himmel rosenfarbig dargestellt wird, bezeichnet Goethe die Menschen mit diesen Farbempfinden als blaublind.

Heutige Untersuchungen ergeben, dass die Personen die Goethe beschrieb, der Eindruck von Rot und Grün fehlt.

[53]

## Daltonismus

Der Naturforscher John Dalton (1766-1844) beschäftigt sich ebenfalls mit der Farbblindheit und beschreibt eine Farbkrankheit, unter der er selbst litt. Es handelt sich um die Rotgrünblindheit die heute als Daltonismus bezeichnet wird. Goethe bezeichnet diese Form als Anerythropsia, der heutigen Rotblindheit. [17]

## Beobachtungsmöglichkeit

Rote und grüne Kreisflächen bilden in der Darstellung eine Zahl.

In der Abbildung 11.8 sind die Farben von Zahl und Grund verschieden (pseudoisochrom), aber in ihrer Helligkeit gleich. Personen mit einer Rot-Grün-Schwäche können die Zahl 51 nicht erkennen. [50]

---

<sup>2</sup>gr.: kyanoes = blau; blepsis = sehen

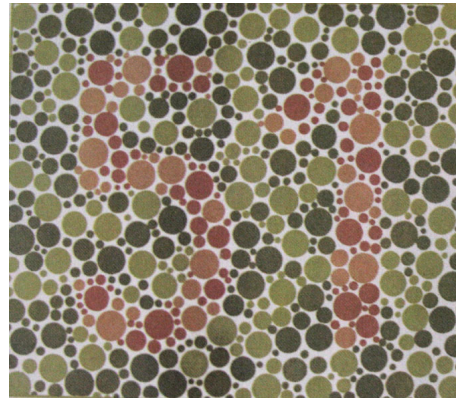


Abbildung 11.8: Farbtafel zur Feststellung einer Rot/Grün-Sehschwäche

### Farbfehlsichtigkeit und Farbenblindheit

Unter Farbenfehlsichtigkeit versteht man einen Defekt des Sehorgans, von dem ca. 9% der Männer aber nur ca. 1% der Frauen betroffen sind. Von Farbenblindheit spricht man, wenn die Farbrezeptoren fehlen. Diese tritt jedoch sehr selten auf.

Der normalfarbsichtige Mensch besitzt drei funktionstüchtige Zapfenarten und wird als Trichromat bezeichnet. **Anomale<sup>3</sup> Trichromaten** sind jene, bei denen eine höhere Intensität des roten oder grünen Lichtes zur Herstellung der Gelbempfindung benötigt wird.

Ist durch eine Mutation das Absorptionsmaximum des Grünzapfens zu dicht an dem des Rotzapfens, spricht man von **Deuteranomalie**, die wird als Rot/Grün-Sehschwäche bezeichnet wird.

Sind zwei Zapfenarten für das Farbsehen vorhanden, spricht man von **Dichromaten**. Sie können alle vorkommenden Farbempfindungen durch die Mischung zweier Grundfarben nachahmen. Es werden drei Arten von Dichromaten unterschieden:

- Protanopen fehlen die L-Zapfen (Rotblindheit)
- Deutanopen fehlen die M-Zapfen (Grünblindheit)
- Tritanopen fehlen die S-Zapfen (Blaubindheit)

Bei den **Monochromaten** gibt es nur eine funktionstüchtige Zapfenart. Bei ihnen vermittelt also nur ein Farbrezeptor den Tageslicht-Sinneseindruck.

[17] [49] [53]

---

<sup>3</sup>gr.: anomalos = unregelmäßig

## 11.4 Beobachtungen und Skizzen von Pflanzen

Goethe nutzt jede Gelegenheit, seine Erkenntnisse zur Farbenlehre zu bereichern. Mit offenen Augen beobachtet er die Natur und sammelt Erfahrungen, die ihn schließlich weiter bringen.

Die vielen Naturbetrachtungen zu Pflanzen zeigen sich vor allem in seinen Skizzen, aber auch in der Farbenlehre beschreibt er unternommene Beobachtungen.

*(...) Am 19. Juni 1799, als ich zu später Abendzeit bei der in eine klare Nacht übergehenden Dämmerung mit einem Freunde im Garten auf- und abging, bemerken wir sehr deutlich an den Blumen des orientalischen Mohns, die vor allen anderen eine sehr mächtige rote Farbe haben, etwas Flammenähnliches, daß sich in ihrer Nähe zeigte. Wir stellten uns vor die Stauden hin, sahen aufmerksam darauf, konnten aber nichts weiter bemerken, bis uns endlich bei abermaligen Hin- und Wiedergehen gelang, indem wir seitwärts darauf blickten, die Erscheinung so oft zu wiederholen, als uns beliebte. Es zeigte sich, dass es ein physiologisches Farbphänomen und der scheinbarer Blitz eigentlich das Scheinbild der Blume in der geforderten blaugrünen Farbe sei. (...)*

Didaktischer Teil, §54 [2]

In der dritten Abteilung, den chemischen Farben, beschäftigt sich Goethe ausführlich mit den Farben, die den Pflanzen außen als auch im Inneren anhaften. Auf der Oberfläche organischer Naturen kommen alle Elementarfarben vor. Hingegen erscheinen die Farben des Inneren unfärbig bzw. missfärbig.

*Die Samen, Bulben, Wurzeln und was überhaupt vom Lichte ausgeschlossen ist oder unmittelbar von der Erde sich umgeben befindet, zeigt sich meistens weiß.*

Didaktischer Teil, §618 [2]

Goethe untersucht im Finstern gezogene Pflanzen und beschreibt wie sich Licht auf das Wachstum der Pflanzen auswirkt.

## 11.5 Wirkung farbiger Beleuchtung auf Pflanzen

Goethe beschreibt im Abschnitt „Wirkung farbiger Beleuchtung“ den Einfluss von farbigem Licht auf Leuchtsteine, Metalloxyde und Pflanzen. Im letzten Teil des Abschnittes wird der damalige Stand der Wirkung von Farbe auf Organismen wiedergegeben und er fasst zusammen:

*Wirkung der farbigen Beleuchtung auf die Pflanzen*

*Die wichtigsten Versuche hierüber verdanken wir Senebier und Tessier. Nach Senebier (s. dessen Abhandlung über den Einfluß des Sonnenlichtes 2. Tl. S. 29. 4.) erreichten die Pflanzen unter gelber Beleuchtung eine größere Höhe als unter der violetten; die Blätter der Pflanzen unter dem gelben Glase kamen grün zum Vorschein und vergilbten hernach, die unter dem roten blieben grün, wie sie hervorkamen; in der violetten Beleuchtung nahm die grüne Farbe der Blätter mit dem Alter zu, sie wurde dunkler.*

*Nach den Versuchen von Tessier (v. Mem. de l'Academ. Des Sc. De Paris. 1783. p. 133.) blieben die Pflanzen unter dunkelblauem Glase am grünsten, unter dunkelgelbem hingegen wurden sie bleich.*

*Die blaue Beleuchtung wirkt also auf die Pflanzen vollkommen wie das reine Sonnenlicht, die dunkelgelbe Beleuchtung dagegen wie die Finsternis; denn auch in dieser werden die Pflanzen bleich, schießen stärker; genug sie zeigen sich mehr oder weniger etioliert.*

Historischer Teil, Statt des versprochenen supplementären Teils [2]

Goethe schreibt die wichtigsten Versuche zu diesem Thema den Naturforschern Jean Senebier (1742-1809) und Henri-Alexandre Tessier (1741-1834) zu und verbindet die etiolierte<sup>4</sup> Ausrichtung der Pflanzen mit der Farbigkeit der Beleuchtung. Das durch Lichtreiz verursachte Wachstum wurde zu Beginn Heliotropismus genannt, weil die Pflanzen der Sonne zustreben. Da weitere Untersuchungen zeigten, dass Pflanzen auch auf künstliche Lichtquellen reagieren, bezeichnete man den Effekt Phototropismus.

Tessier brachte lebende Pflanzen in einen Keller mit zwei Öffnungen, von der einen Seite gab ein Glasfenster Licht und keine Luft, von der anderen führte ein Luftloch, das in einen geräumigen dunklen Wagenschuppen mündete, Luft zu, aber kein Licht. Alle Pflanzen richteten sich zum Glasfenster.

Phototrope Reaktionen sind für wachsende Gewebe charakteristisch. In ausgewachsenen Pflanzenteilen sind sie weit schwerer nachweisbar. Das liegt hauptsächlich am Verlust der Plastizität der meisten Zellen. Man unterscheidet zwei Arten des Phototropismus: Wachstum auf eine Lichtquelle zu wird als positiver, von der Lichtquelle weg als negativer Phototropismus bezeichnet. Sproßspitzen sind meistens positiv, Wurzelspitzen in der Regel negativ phototrop.

[57]

---

<sup>4</sup>lat.-fr.: etiolieren = im Dunkeln oder bei zu geringem Licht wachsen und dadurch ein nicht normales Wachstum (z.B. zu lange, dünne, bleichgrüne Stiele)

## 11.6 Wirkung farbiger Beleuchtung auf den Puls-Atem-Quotienten

Auch der menschliche Organismus wird durch farbige Beleuchtung beeinflusst. Untersuchungen zeigen eine Änderung des Verhältnisses von der Anzahl der Herzschläge zur Atemfrequenz. Dieses Verhältnis ist der Puls-Atem-Quotient (PAQ).

Der Normalwert bei Ruhepuls liegt nach Gunther Hildebrandt bei 4:1, d.h. vier Herzschläge kommen auf eine Ein- und Ausatemphase. Bei körperlicher Anstrengung oder bewusster Atemunterdrückung, weicht der Puls-Atem-Quotient stark vom Normalwert ab. [55]

Hildebrandt untersuchte Selbstordnungsprozesse die in erster Linie der Gesunderhaltung des Organismus dienen. Er stellte den Tagesverlauf des Puls-Atem-Quotienten von mehreren Probanden dar und fasst die Probanden in fünf Gruppen zusammen. In diesen Gruppen liegt der Puls-Atem-Quotient von 2:1 bis 7:1.

Die Selbstordnung verursacht einen Erholungsprozess, der immer wieder regeneriert wird. Dies geschieht am stärksten im Nachtschlaf.

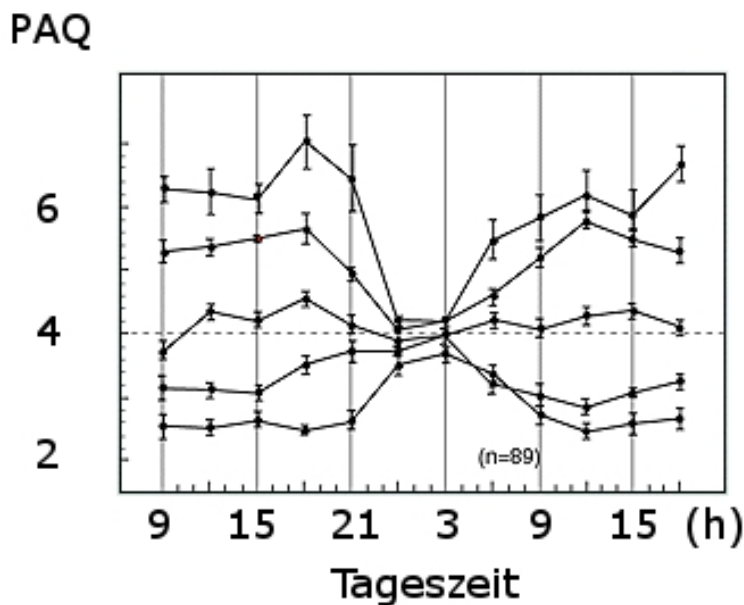


Abbildung 11.9: PAQ-Verlauf der fünf Gruppen

Die Abbildung 11.9 zeigt das Frequenzverhältnis von Herz- und Atemrhythmus von Grup-

pen gesunder Personen unter gleichmäßigen Ruhebedingungen (Pulsfrequenz zw. 55 und 70). Die Klammern bezeichnen den Bereich des mittleren Fehlers der Mittelwerte der Gruppen. Man beachte die nächtliche Normalisierung zwischen 24 und 3 Uhr, die unabhängig von niedrigeren oder höheren PAQ am Tage eintritt.

Der Normalwert von 4:1 wird nur selten den ganzen Tag über eingehalten, meistens kommen große Abweichungen nach beiden Richtungen hin vor. Während der Nacht aber, nach einigen Stunden Schlaf, konvergieren alle Kurven auf einen sehr engen Bereich, den des Normalwertes 4:1. Dieser wird der nächtlichen Normalisierung der rhythmischen Funktionsordnung zugeschrieben.

Die Forschungsgruppe *Physik Physiologischer Prozesse* der Universität Wien untersucht unter anderem den Zusammenhang farbiger Beleuchtung auf den Puls-Atem-Quotienten.

In einer Testreihe bestrahlte man die Probanden mit rotem, grünem und blauem Licht. Als Lichtquelle dienten vier Leuchtstoffröhren mit je 36W. Die Untersuchung teilte sich in mehrere Abschnitte.

Als erstes befanden sich die Probanden in einer 15-minutigen Dunkelphase, gefolgt von einer 10-minutigen Beleuchtungsphase. Dieser Ablauf wiederholte sich dreimal. Den Abschluß bildete eine 15-minutige Dunkelphase. Die Beobachtungsdauer beträgt 90 Minuten und die Farbauswahl wurde zufällig getroffen.

Die Messung des Puls-Atem-Quotienten erfolgte am Ende jeder Phase und dauerte drei Minuten.

Die Untersuchung zeigt, dass bei grünem Licht der Puls-Atem-Quotienten gegen den Normalwert 4:1 konvergiert. Auch blaues Licht hat in abgeschwächter Form diesen Effekt. Bei rotem Licht kann keine Aussage über die Veränderung des Puls-Atem-Quotienten getroffen werden.

[55] [56]

### 11.7 Photodynamische Therapie

Die Photodynamischen Therapie ist ein Verfahren zur Behandlung von Tumoren und anderen Gewebeveränderungen mit Licht unterschiedlicher Energie und gilt als nicht-invasive<sup>5</sup> Behandlung, vor allem gegen Hautkrebs.

#### Anfänge

Das Verfahren der Photodynamischen Therapie wurde bereits im Jahre 1900 von Raab entdeckt. Er beobachtet, dass die Interaktion des Farbstoffes Acridin (Acridin ist ei-

---

<sup>5</sup>lat. *invadere* = einfallen, eindringen



ne aus Steinkohlenteer gewonnene stickstoffhaltige organische Verbindung und dient als Ausgangsstoff für die Farbstoff- und Arzneimittelherstellung) mit sichtbarem Licht unter Vorhandensein von Sauerstoff durch einen zytotoxischen<sup>6</sup> Effekt zur Abtötung von Paramezien (Paramecium=Pantoffeltierchen; Einzeller) führt. Die erste Anwendung der Photodynamischen Therapie erfolgte 1903 durch A. Jesionek und V. H. Tappeiner, die Hautkarzinome (Krebsgeschwulst, ausgehend von Zellen in der Haut) mit dem roten Farbstoff Eosin<sup>7</sup> und Lichtbestrahlung behandelten.

## Funktion

Mit Einsatz einer lichtempfindlichen Substanz, den Photosensibilisatoren, werden die Tumorzellen gegen Licht sensibilisieren. Die Photosensibilisatoren reichern sich selektiv im Tumorgewebe an. Durch Bestrahlung mit sichtbarem Licht geeigneter Farbe entstehen aggressive Sauerstoffmoleküle, die das Tumorgewebe zerstören. Das Vorhandensein von Sauerstoff im Gewebe ist eine Voraussetzung für den zellenzerstörenden Effekt der Photodynamischen Therapie. Die Bestrahlung mit Licht löst die photooxidative Reaktion aus, d.h. die Photonen lösen Elektronen aus einem Stoff. Oxidierende Stoffe welche Elektronen abgeben, werden Reduktionsmittel genannt. Bei der Reduktion hingegen werden Elektronen aufgenommen und die Stoffe heißen Oxidationsmittel. Oxydation und Reduktion sind stets miteinander gekoppelt und werden Redoxreaktionen genannt.

Die photooxidativen Reaktionen werden in Typ I und Typ II geteilt. Bei der Reaktion vom Typ I kommt es zu einer direkten Wirkung des durch Licht angeregten Photosensibilisators mit dem Gewebe. Redoxreaktionen sind hier die Ursache der Zellzerstörung.

Bei der photooxidativen Reaktion vom Typ II werden die Elektronen der lichtempfindlichen Substanz durch Photonen angeregt. Die Photosensibilisatoren werden in ein energetisch höheres Niveau angehoben, den Singulett-Zustand. Durch den Übergang in den Triplett-Zustand und der Energieübertragung auf den im Gewebe vorhandenen molekularen Sauerstoff, entsteht der hochreaktiver Singulett-Sauerstoff. Dieser reagiert mit dem Gewebe und zerstört dieses. Singulett-Sauerstoff ist äußerst zytotoxisch gegenüber vielen biologischen Molekülen und oxydiert Aminosäuren, Nukleinsäuren sowie ungesättigte Fette und Fettsäuren. Die Interaktion mit den Photosensibilisatoren führt zu dessen Lichtbleichung (photobleaching) oder Inaktivierung.

Innerhalb weniger Stunden nach Photodynamischen Therapie kommt es zu licht- und elektronenmikroskopisch sichtbaren Schäden an Zellmembranen. Diese Schäden führen zur Unterbrechung der Zellteilung und nachfolgender Zellyse<sup>8</sup>.

---

<sup>6</sup>gr.; cyto = Zelle, toxisch = Giftstoffe erzeugend; zellschädigend

<sup>7</sup>gr.; Eosin = Morgenröte

<sup>8</sup>gr.; Lyse = Auflösung

## Anwendung

In der Anwendung zeigt die Photodynamischen Therapie einen sehr schnell eintretenden Therapieeffekt. Bereits während oder innerhalb weniger Minuten nach der Behandlung, kommt es zu lokalen Reaktionen der behandelten Tumore und zur Tumorrückbildung. Die Bestrahlung bewirkt sowohl eine selektive Zerstörung von Tumorzellen als auch die Schädigung der tumorversorgenden Gefäße mit nachfolgender Tumornekrose<sup>9</sup>.

Bei Hautkrebs werden die Photosensibilisatoren in Cremeform auf die zu behandelnden Hautareale aufgetragen. Die Tumorzellen nehmen die durch die Haut durchdringenden Photosensibilisatoren auf. Eine Einzeltherapie dauert etwa vier Stunden, wenn man die Einwirkzeit der Creme und die Bestrahlungszeit (etwa 20 Minuten pro Hauttumor) einrechnet.

Je nach Einsatz der Photosensibilisatoren und der gewählten Lichtbestrahlungsdosis, wird ein bis zu 90% Erfolg der Photodynamischen Therapie beobachtet. Ein mehrmaliges Anwenden der Therapie erhöht die Heilungsrate. Die Behandlungsmethoden mit neu entwickelten Photosensibilisatoren sind bereits in Kanada für Blasenkrebs, den Niederlanden für Lungen- und Speiseröhrenkrebs und in Japan für Lungen-, Speiseröhren-Magen- und Gebärmutterhalskrebs staatlich anerkannt.

## Aktivierung der Photosensibilisatoren mit Licht

Die Aktivierung der Photosensibilisatoren erfolgt durch Bestrahlung mit hochintensiven Lichtquellen. Die speziell zur Anwendung kommenden Photosensibilisatoren reagieren auf Photonen im Energiebereich des Lichtes mit Wellenlängen von 380nm bis 715nm. Dabei kommen verschiedene Farbstofflaser, wie z.B. der Golddampflaser, zum Einsatz. Die Entwicklung von Lichtkabinen mit LED (Light Emitting Diodes) ermöglicht die Bestrahlung großer Flächen und findet ihren Einsatz in der Ganzkörpertherapie bei generalisierten Hauterkrankungen. Für die Bestrahlung großer Hautareale werden auch polychromatische Lichtquellen wie 250W oder 500W Quarz-Halogen-Lampen herkömmlicher Diaprojektoren oder Xenonstrahler verwendet.

Die Tiefenwirksamkeit der Photodynamischen Therapie ist durch die optische Eindringtiefe des Lichtes begrenzt, wobei ein optisches Fenster in der Haut für Wellenlängen zwischen 600nm und 1200nm besteht. Wellenlängen unter 600nm werden größtenteils durch Hämoglobin und Wellenlängen über 1200nm durch Wasser absorbiert. Die Photonen mit der Energie von Wellenlängen größer als 900nm sind zu energiearm und lösen daher keine photochemischen Reaktionen aus. Die Oberflächenbestrahlung mit Photonen der Energie im langwelligen Bereich (Wellenlängen zwischen 600nm und 800nm) ermöglicht die erfolgreiche Therapie bis zu einer maximalen Gewebetiefe und Tumordicke von 10mm.

---

<sup>9</sup>gr.; Nekrose = Absterben

Die biologisch wirksame Dosis, die sogenannte photodynamische Dosis, ergibt sich aus dem Produkt der zur Wirkung kommenden Photosensibilisatoren und der Lichtbestrahlungsdosis. Die optimalen Bestrahlungsdosen für eine wirksame und selektive Therapie sind noch nicht sicher festgelegt. In der Regel liegen die Bestrahlungsdosen zwischen  $25\text{J}/\text{cm}^2$  und  $300\text{J}/\text{cm}^2$ . (Sonne am Horizont  $600\text{J}/\text{cm}^2$ ). Zu hohe Bestrahlungsdosen führen zur Schädigung des an den Tumor angrenzenden normalen Gewebes und die Selektivität der Photodynamischen Therapie geht dabei verloren.

[58] [59]



## 12 Chemie

Aus der Sicht der Chemie zeige ich Goethes Beschäftigung mit Farbstoffen und sehe dazu den Übergang zur Malerei. Auch heute wird sowohl in der Kunst als auch in der Industrie versucht lichtechte Farbstoffe herzustellen, die auch z.B. nach langer Sonnenbestrahlung ihre Farbe beibehalten.

Um die meiner Meinung nach wichtige Methode des Ordnen zu betonen, bringe ich die Entwicklung des Periodensystems der Elemente, welche zur Zeit Goethes beginnt. Goethes Kontakt zu vielen Wissenschaftlern, darunter der Chemiker Johann Wolfgang Döbereiner (1780-1849), zeigt Goethes Interesse an der Chemie.

### 12.1 Chemie in der Farbenlehre

Goethe beschreibt die Chemischen Farben in der dritten Abteilung des Didaktischen Teils. Ihr allgemeinstes Kennzeichen ist ihre Beständigkeit. Chemische Farben sind an den Körpern oberflächlich oder durchdrungen fixiert, während physische Farben nur so lange existieren, wie sie von äußeren Bedingungen hervorgebracht werden. Chemische Farben sind Körperfarben.

Im Historischen Teil bietet Goethe einen Überblick über die naturwissenschaftlichen Kenntnisse der Antike und deren Produktionsverfahren zur Färberei an. Er beschreibt die Entwicklung der Techniken in der Farbherstellung und hebt die Vollkommenheit der Färberei bei den Ägyptern, Indern und Chinesen hervor.

### 12.2 Das Auftreten der chemischen Farben in der Natur

Das Reich der chemischen Farben ist vielfältig in der Welt der Mineralien, Pflanzen und Tiere. Die Farben der Mineralien sind alle chemischer Natur und deren Farbtöne stehen fest. Maler waren und sind stets bemüht, durch künstliche Mischung unzählige Farbnuancen hervorbringen.

Goethe erkennt die Auswirkung von Licht auf lebende Organismen. Bei Lebewesen entstehen und entwickeln sich die Farben unter Lichteinfluss. Bedeutend für die Farbe von Pflanzen und Tieren ist ihre Lebensart in der Umwelt. Die im Dunklen gezogenen Pflanzen sind weiß oder neigen ins Gelbliche. Im Erdreich lebende Tiere zeigen sich unfärbig oder missfärbig. Goethe beschreibt die Farbe von Würmern, Insekten, Vögel bis hin zu den Säugetieren und schließlich der Menschen.

Beobachtungen und Versuche regen Goethe an, die Wandlung der Farbe zu untersuchen. Er behandelt Pflanzenteile und Blüten mit chemischen Stoffen. Er verwendet Säuren und Alkalien, diese Einteilung der Stoffe ist zu Goethes Zeit üblich, wobei der Begriff Alkali basische Stoffe bezeichnet. In diese Zeit fällt die Beschreibung des Aufbaues der Materie mit einzelnen chemischen Elemente, woraus sich in späterer Folge das Periodensystem entwickelte.

Goethe stellt eine Liste zusammen, in der er die Wirkung von Weingeist, Salzsäure und Ammoniak auf verschiedene Pflanzenarten festhält.

Die Tabelle und der Text beschreiben die unterschiedlichen Färbungen bei entsprechender Behandlung:

<b>Blumen und Pflan- zenteile</b>	<b>Extrahiert Weingeist</b>	<b>mit</b>	<b>Mit Salzsäure behandelt</b>	<b>Mit Ammoniak behandelt</b>
Päonien (Pfingstro- sen)	Rubinrot. Blätter in nig Tagen entfärbt.	Die we- fast	Augenblicklich das schönste Karminrot, an Schönheit wach- send.	Smaragdgrün
Gelbrote Tulpen	Schnell ausgezo- gen, der Extrakt hyazinthfarbig, die extrahierten Blätter schmutzig weiß		Blassrot eher ins Violette	Gelbgrün
Hochrote Rosen	Tief gelb		Schön rot	Papageigrün

*Wenn man Pflanzenfarben durch Weingeist ausgezogen, mit Salzsäure und dem Gegensatz, mit Ammoniak behandelt; so erkennt man, wie einfach auch hier die Natur zu Werke geht. Die Säure erhöht solche Extrakte meistens ins reine, ja oft in das schönste Rot, das Alkali zieht sie zurück ins Grün, wo sie hergekommen ist.*

WA II, Bd. V, 2, (150-157)

### 12.3 Die Entwicklung der Chemie und des Periodensystems

Im ersten Viertel des 19. Jahrhunderts hatten mehrere Entdeckungen die Theorie von der Atomstruktur der Materie bestätigt.

## 12.3 Die Entwicklung der Chemie und des Periodensystems

*In der neueren Zeit brachte die Chemie eine Hauptveränderung hervor; sie zerlegte die natürlichen Körper und setzte daraus künstliche auf mancherlei Weise wieder zusammen; sie zerstörte eine wirkliche Welt, um eine neue, bisher unbekannte, kaum möglich geschienene, nicht geahndete wieder hervor zu bauen.*

Historischer Teil, Vierte Abteilung, Zwischenbetrachtung

John Dalton (1766-1844) liefert mit seiner Atomtheorie einen bedeutenden Beitrag für die Wissenschaft.

Seine Theorie besagt, dass die Materie aus Elementen unterschiedlicher Masse besteht, die sich in einfachen Massenverhältnissen miteinander verbinden und spricht vom Gesetz der multiplen Proportionen. Dieses Gesetz besagt, dass sich die Massenanteile der beteiligten Elemente in allen chemischen Verbindungen durch kleine ganze Zahlen ausdrücken lassen.

In seinem Werk „A New System of Chemical Philosophy“<sup>1</sup> veröffentlicht Dalton die Atomgewichte einer Reihe bekannter Elemente im Verhältnis zum Gewicht von Wasserstoff. Das Atomgewicht von Wasserstoff setzt er eins. Seine ermittelten Gewichte sind noch nicht exakt, bilden aber die Grundlage für eine tabellarische Darstellung der Atomgewichte.

Der deutsche Chemiker Johann Wolfgang Döbereiner (1780-1849) weist darauf hin, dass die Elemente Calcium, Strontium und Barium neben ihren chemischen Eigenschaften auch in ihren Atomgewichten eine gewisse Ähnlichkeit zeigen. Er entdeckt weitere Dreiergruppierungen und bezeichnet diese als Triaden.

Goethe unternimmt gemeinsam mit Döbereiner chemische Experimente und vermerkt in seinem Tagebuch den Versuch mit dem mineralischen Chamäleon. Der Versuch zum mineralischen Chamäleon ist ein Experiment zur Farbänderungen des Elementes Mangan. Dieser Versuch ist bereits seit dem 17. Jh. bekannt. [60]

Max von Pettenkofer (1818-1901), ebenfalls deutscher Chemiker entdeckt ein periodisches Auftretenden ähnlicher Eigenschaften der chemischen Elemente. Er fasst die Elemente zusammen, ordnet sie und stellt die Elemente in einem spiralförmigen System dar.

Die Darstellung (Abb. 12.1) zeigt die Zusammengehörigkeit verschiedener Elemente. Die zusammengefassten Gruppen nennt Pettenkofer eine „chemische Familie“. Mit der graphischen Anordnung soll die naturgemäße Ordnung der chemischen Elemente vermittelt werden. [61]

Der britische Chemiker John A. R. Newlands (1837-1898) ordnet die chemischen Elemente in Zeilen nach steigenden Atommassen an. Er bemerkt, dass bestimmtes Ähnlich-

---

<sup>1</sup>Ein neues System des chemischen Theiles der Naturwissenschaft

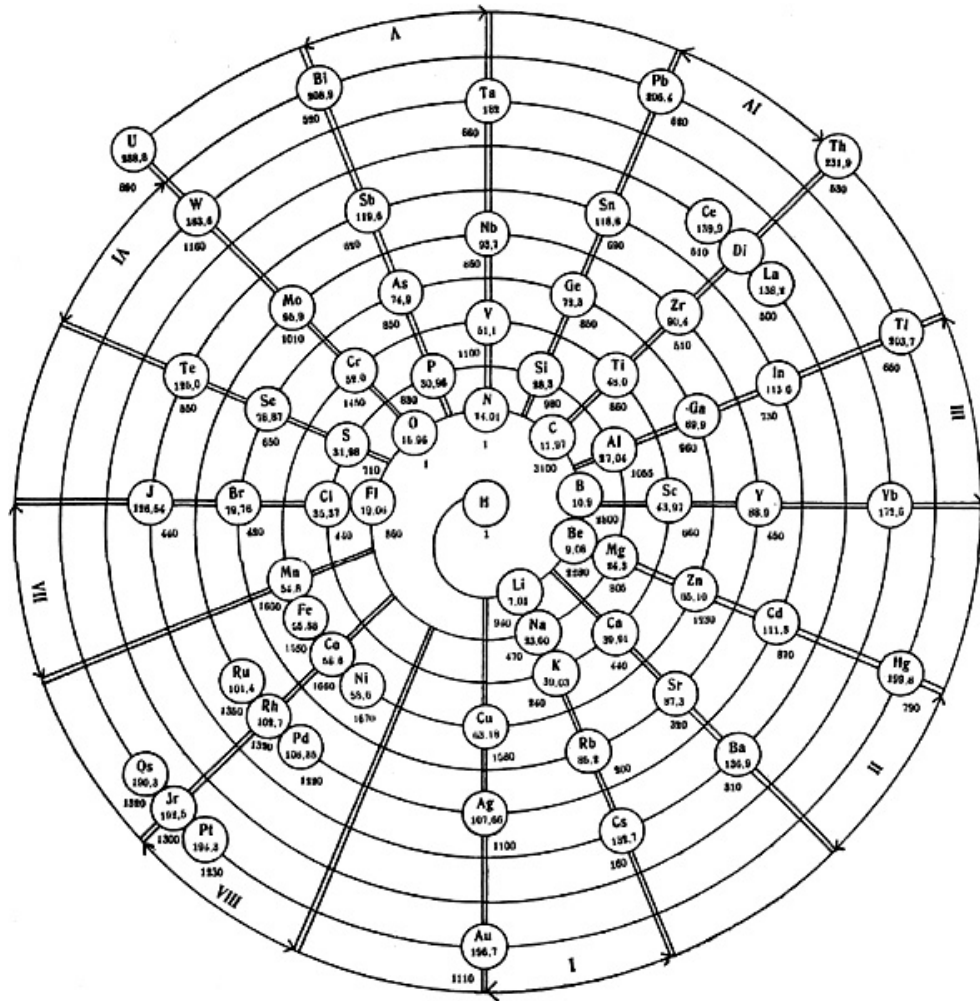


Abbildung 12.1: Pettencofers „System der Elemente“

keiten an jeder achten Stelle erneut auftreten. Newland bezeichnet diese Periodizität, in Analogie zu den Tonleitern in der Musik, als das „Gesetz der Oktaven“.

Auf der Suche nach den Gesetzmäßigkeiten wählten zahlreiche Forscher die unterschiedlichsten Darstellungen, um die Beziehungen zwischen den chemischen Elementen wiederzugeben.

Der russische Chemiker Dmitrij Mendelejew (1834-1907) gilt in der Chemiegeschichte als der Gründer des Periodensystem der Elemente. Sein System basiert auf der strengen Einteilung nach Atommassen. Mendelejew lässt Leerstellen für noch zu entdeckende Elemente. Mit Hilfe seines Systems kann er bereits die Elemente Gallium, Scandium und Germanium voraussagen, die auch etwas später entdeckt werden. Weil seine Be-



### *12.3 Die Entwicklung der Chemie und des Periodensystems*

schreibungen über die Eigenschaften dieser Elemente ziemlich genau mit den tatsächlich gefundenen übereinstimmen, findet Mendelejews Periodensystem rasch Anerkennung und gilt mit leichten Verbesserungen noch heute.

[61] [62]



## 13 Bildnerische Kunst

Mit dem Kapitel über bildende Kunst stelle ich Goethes Zeichnungen dar und erläutere seine Zeichentechniken. Eine kurze Anweisung in Zeichentechniken soll anregen, selbst tätig zu werden. Mit der eigenständigen Fertigung von Skizzen und Bildern möchte ich die Betrachter von Goethes Zeichnungen dazu veranlassen, diese von den unterschiedlichsten Seiten zu interpretieren. Der Einsatz von Farbe und die Verwendung von Hell-Dunkel-Übergängen spielen hier eine wesentliche Rolle und stellen den Bezug zur Farbenlehre her.

### 13.1 Bildnerische Erziehung

In der sechsten Abteilung „sinnlich-sittliche Wirkung der Farbe“ liefert Goethe mit seinen Erkenntnissen zur psychologischen Wirkung der Farbe eine hilfreiche Beschreibung für die Anwendungen in der Kunst. Die Farbe ist als Element der Kunst zu betrachten.

*Und so werden auch wir, da wir von der Seite der Malerei, von der Seite ästhetischer Färbung der Oberflächen, in die Farbenlehre hereingekommen, für den Maler das Dankenswerteste geleistet haben, wenn wir in der sechsten Abteilung die sinnlichen und sittlichen Wirkungen der Farbe zu bestimmen gesucht und sie dadurch dem Kunstgebrauch annähern wollen.*

Didaktischer Teil, Einleitung [2]

Aus Goethes Leidenschaft, die Natur zu erforschen, entwickelt sich das Bedürfnis das Gesehene festzuhalten, wodurch sein Interesse zur Malerei entsteht. Zeichnen ist für Goethe ein existentielles Bedürfnis, dies zeigt eine große Zahl der erhaltenen Blätter. Unter seinen Arbeiten findet man Landschaftsbilder, Porträts sowie Skizzen zu Pflanzen und zur Farbenlehre. [13]

Die erweiterten Erkenntnisse über die Natur bringen auch neue Aufschlüsse in der Kunstbetrachtung.

*Glücklicherweise hab ich auch eine Combination der Kunst mit meiner Vorstellungs Art der Natur gefunden und so werden mir beyde doppelt lieb.*

WA IV, 8, S. 268

Goethe erklärt den praktischen Nutzen der Farbenlehre für Maler. Der bestehenden Abneigung gegen theoretische Betrachtungen über die Farbe will er entgegenwirken, indem

die aufgestellten Grundsätze praktisch durchgeführt und erprobt werden.

Die intensive Beschäftigung des Malers Ferdinand Jagemann mit den Lichtverhältnissen bei seiner Arbeit führte zu einer wichtigen Bemerkung, welche Goethe veranlasst sich mit folgendem Phänomen zu beschäftigen. Dieser Künstler erkennt in seiner Werkstatt, trotz der Ausrichtung des Fensters in Richtung Norden eine Veränderung des günstigen und ungünstigen Lichtes. Zu unterschiedlichen Tageszeiten werden die darzustellenden Gegenstände verschieden ausgeleuchtet. Goethe empfiehlt seine Arbeitsstätte mit zwei Fenstern zu versehen, wobei eines gegen Norden für die Arbeit in den Morgenstunden, und das andere nach Westen für die Arbeit nach Mittag, gerichtet sein soll. [5]

*Unser Künstler also hatte mit zartem geübten Sinn eine der wichtigsten Naturwirkungen entdeckt, ohne sich davon Rechenschaft zu geben. Der Physiker kommt ihm entgegen und zeigt, wie das Besondere auf dem Allgemeinen ruhe.*

Ergänzungen zur Farbenlehre. Entoptische Farben, XL. Wichtige Bemerkung eines Malers [5]

Philipp Otto Runge (1777-1810) verfügt als Maler über umfangreiche Erfahrung im Mischen von Farben. Er steht im ständigen Gedankenaustausch mit Goethe und veröffentlicht 1810 sein Buch „Farben-Kugel“. Die Kugel bietet sich für die dreidimensionale Farbanordnung an. Hierbei wird die Farbe nicht nur an der Oberfläche, sondern auch in Schnittzeichnungen und somit im Inneren der Kugel dargestellt. [28]

## 13.2 Die Zeichentechniken

Durch die intensive Beschäftigung Goethes mit verschiedenen Zeichentechniken kann er seinen Blick für Naturbeobachtungen schulen und die Vorstellungen von der Erscheinungswelt erweitern.

Gerade in der bildnerischen Erziehung kann diese Fähigkeiten vermittelt werden. Die aktive Teilnahme an der bildnerischen Darstellung trägt dazu bei, diese Fähigkeiten zu erlangen.

Bereits als Kind erhält Goethe Zeichenunterricht. Er entwickelt seine Technik für Bleistift- und Kohlezeichnungen, ist Schüler mehrerer Maler und erlernt die Technik der lavierenden Federzeichnung, sowie die der Aquarellmalerei und schließlich die Radiertechnik.

Im „Corpus der Goethezeichnungen“ einer fünfbandigen Sammlung, sind seine Werke geordnet und kommentiert.

[14]

### 13.3 Darstellungen zu Hell und Dunkel

Für die Darstellung von Hell und Dunkel bieten sich Kohle, Kreide und Graphit, aber auch die lavierende Technik mit Tinte an.

Eine klassische Zeichenart ist das Arbeiten mit Kohle auf weißem Papier. Mit Kohle erzielt man feine Tonabstufungen von tiefstem Schwarz über Graustufen bis hin zu reinem Weiß. Einfachste Wischungen lassen sich durch Lappen oder mit den Fingern herstellen. Die Kohle eignet sich zum Schwärzen großer Flächen und erzeugt durch entsprechenden Druck eine hohe Schwärzung.

Mit Kohle geschwärzte Flächen können mit sauberen Fingern aufgehellt werden. Man entfernt die Kohle vorsichtig durch Abtupfen. Soll eine einheitliche dunkle Tönung durch Verwischen hergestellt werden, müssen die Finger mit Kohlepulver bereits vorher mit Kohlepulver bedeckt werden. Zu beachten ist, dass es schwer fällt, diese Flächen aufzuhellen. Die dadurch entstandenen Zeichnungen werden mit einem Fixierspray (z.B. Haarspray) fixiert, um nachträgliche Verwischungen zu vermeiden.

Im Kunstbedarfshandel erhält man Zeichenkartons mit unterschiedlichen Oberflächen, welche für das eigenständige Experimentieren mit dieser Technik geeignet sind.

#### **Durchführungsmöglichkeit: freie Darstellung (die Wirkungen unterschiedlicher Flächen zueinander)**

Um mit der Technik der Kohlezeichnung vertraut zu werden, eignet sich das freie Experimentieren. Es soll hierbei das weiße Papier unterschiedlich geschwärzt werden. Beim Experimentieren mit der Druckstärke entstehen Flächen in verschiedenen Graustufen. Das Aussehen der Flächen variiert, wenn mehrere Schichten überlagert oder diese verwischt werden. Ist das Blatt ausreichend gefärbt so kann das Wirken benachbarter Flächen miteinander verglichen werden. Der Vergleich mehrer Zeichnungen zeigt besonders deutlich die unterschiedliche Wirkung von Hell und Dunkel nebeneinander.

#### **Durchführungsmöglichkeit: Darstellung von Würfel oder Quader**

Zur Veranschaulichung kann ein einfärbiger Würfel mit einer Kantenlänge von ca. 10cm oder ein ähnlich großer Quader so betrachtet werden, dass drei Seiten mit einer unterschiedlichen Helligkeit wahrgenommen werden. Der Würfel soll so naturgetreu wie möglich dargestellt werden. Dabei soll auf die Helligkeit der drei Flächen geachtet werden. Der Hintergrund kann hierbei vernachlässigt werden. Geübten bietet sich die Möglichkeit den Schatten des Würfels darzustellen.

#### **Durchführungsmöglichkeit: Darstellung einer Kugel**

Für die räumliche Darstellung einer Kugel muss ein Grauverlauf gefertigt werden. Kugeln in unterschiedlichen Größen und Materialien können von mehreren Seiten beleuchtet

werden. Zu achten ist auf die Spitzlichter, die hellen Flächen auf der Kugel, die bei der Darstellung ausgespart werden müssen.

*Zum natürlichsten Beispiel für das Helldunkel wäre die Kugel günstig, um sich einen allgemeinen Begriff zu bilden, aber nicht hinlänglich zum ästhetischen Gebrauch. Die verfließende Einheit einer solchen Rundung führt zum Nebulistischen. Um Kunstwirkungen zu erwecken, müssen an ihr Flächen hervorgebracht werden, damit die Teile der Schatten- und Lichtseite sich mehr in sich selbst absondern.*

Didaktischer Teil, §854 [2]

Am Bild der Traube kann dieser Effekt ebenfalls vermittelt werden, Goethe weist jedoch auf die schwierigere Darstellung hin.

*Das Helldunkel macht den Körper als Körper erscheinen, indem uns Licht und Schatten von der Dichtigkeit belehrt.*

Didaktischer Teil, §852 [2]

## Goethes Zeichnungen

### Erinnerung an Drakendorf bei Jena. (Abb. 13.1)

Bleistift, Feder in Schwarz, grau und braun laviert, auf weißgrauem Papier, 210 × 345mm

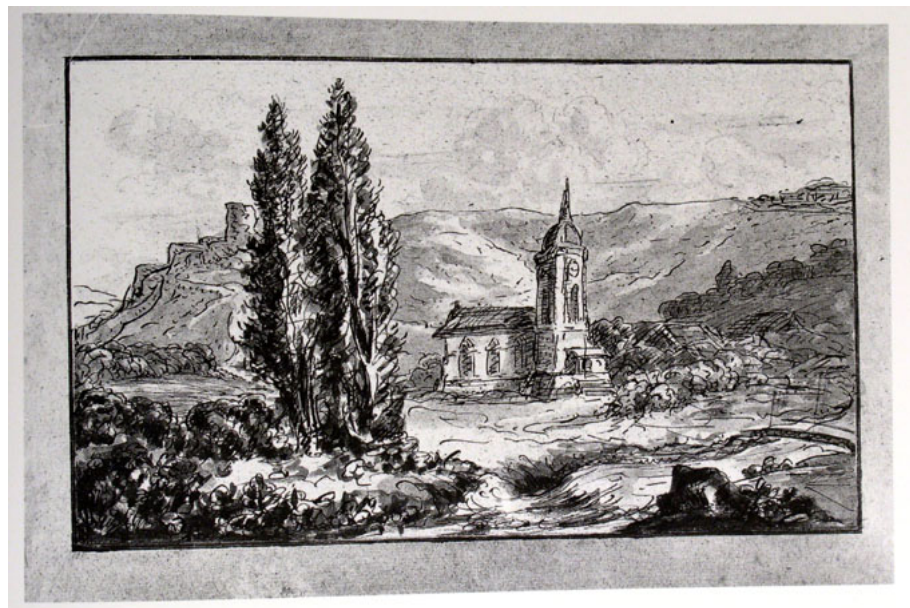


Abbildung 13.1: Erinnerung an Drakendorf bei Jena

Goethe kommentiert die Zeichnung, in der sich der Blick auf eine barocke Kirche in die

Mitte konzentriert. Vorne befinden sich zwei Pappeln und ein Flüsschen, welche die Kirche in die Tiefe setzen. Der Höhenzug mit der Ruine Lobedaburg im Hintergrund riegelt den weiteren Blick in die Tiefe ab. [13]

Kontrastreiche Darstellungen bilden hierbei den Vordergrund, feinere Graustufungen versetzen die Gegenstände in die Tiefe.

**Villa Medici in Rom, von der Spanischen Treppe gesehen.** (Abb. 13.2)

Bleistift, Feder in Braun, braungrau laviert, auf weißem Papier, 137 × 196mm



Abbildung 13.2: Villa Medici in Rom, von der Spanischen Treppe gesehen

Goethe umreißt die Konstruktion zunächst in einer Vorzeichnung aus Bleistift und bemüht sich um Realitätstreue und korrekte Zentralperspektive. Trotz der eingehenden Perspektiv- und Architekturstudien zieht er den malerischen Effekt der korrekten Konstruktion vor. [13]

**Ideallandschaft mit Tempelruine und Vulkanischem Bergkegel.** (Abb. 13.3)

Bleistift, Pinsel in Braun, braun laviert, auf weißem Papier, 116 × 302mm

Goethe erzielt den Eindruck der Tiefenwirkung und der Plastizität, indem er mit drei Tinten unterschiedlicher Intensität vom Hellen ins Dunkle arbeiten.

Die drei hervorstechenden Merkmale dieser Zeichnung sind zunächst das gewählte Panoramaformat. Der weit entfernte vulkanische Bergkegel im Mittelpunkt des Bildes und die am Rand in unterschiedlicher Entfernung gesetzten Gegenstände. Links im Vordergrund eine Baumgruppe und etwas entfernter an der rechten Seite eine Tempelruine. Goethe



Abbildung 13.3: Ideallandschaft mit Tempelruine und Vulkanischem Bergkegel

beschäftigt sich häufig mit der Konstruktion idealer Naturbilder. [13]

*Mein Hauptzweck ist, Landschaft zu zeichnen und meine Einbildungskraft zu bereichern und meinen Styl zu erweitern, zu reinigen, zu vergrößern.*  
WA IV, 8, S. 251

## 13.4 Darstellungen mit Farbe

### Durchführungsmöglichkeit: Herstellung eines Farbenkreises

Für die Darstellung des Goetheschen Farbenkreises wird das Kreis-Schema der Abbildung 13.4 herangezogen. Die prismatischen Farben werden beobachtet und mit Aquarellfarben nachgestellt, dabei wird das durchs Prisma betrachtete Farbspektrum in ihrer Leuchtkraft gemindert. Um ein abgeschwächtes Spektrum zu erhalten, verwendet man statt kontrastreichen Übergängen zwischen Schwarz und Weiß, dunkle und helle Grautöne. Diese werden so gewählt, dass die beobachteten prismatischen Farben mit Farbmitteln dargestellt werden können.

Ein Zeichenblatt wird in Wasser getränkt und am besten über Nacht getrocknet. Dies verhindert das Verlaufen der Aquarellfarben. Die Aquarellfarben werden in einem Gefäß mit Wasser stark verdünnt. Das gefärbte Wasser wird nun auf das vorgefertigte Zeichenblatt schichtweise aufgetragen. Dazu nimmt man mit dem Pinsel etwas Farbe aus dem Gefäß auf, entzieht diesem mit einem Tuch etwas Flüssigkeit und bemalt die gewünschte Fläche. Dieser Vorgang wird so lange wiederholt, bis der gewünschte Farbton entstanden ist.

Je verdünnter die Farbe verwendet wird, desto feinere Abstufungen der Farbnuancen entstehen. Allerdings benötigt man so mehrere Farbschichten.

Die Zahl der Lasurschichten ist unbegrenzt. Vorausgesetzt wird, dass die untere Schicht



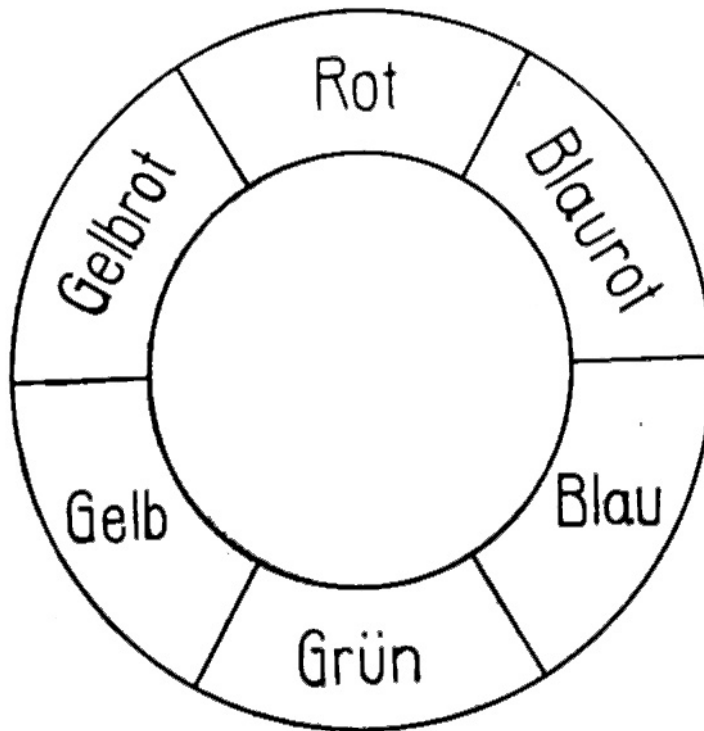


Abb. 15.

Abbildung 13.4: Kreisschema des Farbenkreises

trocken vorliegt. Die Lasur ist eine transparente Farbschicht, die den Untergrund durchscheinen lässt und somit den Farbton ändert.

Die Abbildung 13.5 zeigt Mischöne der Farben Gelb, Purpur und Cyanblau. Für die Anfertigung der Farbbalken wird ebenfalls die Lasurtechnik angewendet, gesättigte Farbbalken entstehen durch Überdeckung mehrerer Farbschichten.

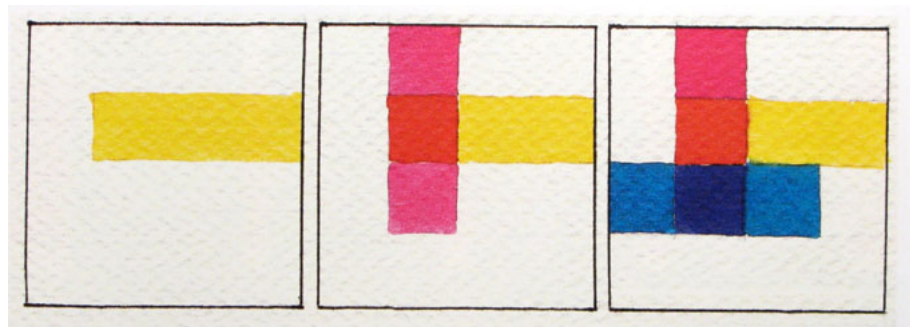


Abbildung 13.5: Mischöne durch Lasurtechnik

### Durchführungsmöglichkeit: Aufhellung von Farbe

Beim Aufhellen werden zwei Farbmittel unterschieden, die transparenten und die deckenden Farben. Der Versuch eine farbige Flüssigkeit aufzuhellen, kann mittels Wasser oder Milch erfolgen. Die Abbildung 13.6 zeigt eine Verdünnung der Farbe mit Wasser, während in der Abbildung 13.7 Milch verwendet wird.



Abbildung 13.6: Farbe mit Wasser aufgehellt



Abbildung 13.7: Farbe mit Milch aufgehellt

Wasser hellt die Farbe auf, ohne den Farbton zu verändern. Die mit Milch veränderte Farbe wirkt jedoch graustichig und fahl.

Diese Wirkung tritt ein, wenn eine Aquarellfarbe mit Wasser bzw. eine deckende Ölfarbe mit Weiß aufgehellt wird. Mit diesem Versuch kann der Effekt, dass hellere Farben nicht immer eine leuchtende Wirkung erzielen, vorgeführt werden.

### Durchführungsmöglichkeit: Farbtongleiches Dreieck

Zur Übung von Mischungen mit deckenden Farben eignet sich besonders das farbtongleiche Dreieck. Ein Dreieck wird in mehrere Abschnitte geteilt. In den Ecken befindet sich Weiß, Schwarz und eine voll gesättigte Farbe. An der Seite des Dreiecks entstehen die Mischungen von je zwei Körperfarben, daraus lassen sich die Graustufen auf einer Seite darstellen. [63]

Die Abbildung 13.8 zeigt ein Farbtongleiches Dreieck mit dem Farbton Rot und der Grauleiter auf einer Seite.

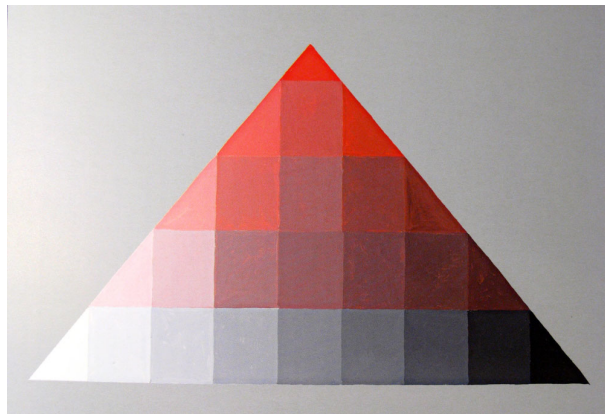


Abbildung 13.8: Farbtongleiches Dreieck

### Goethes Zeichnungen

Goethe bemerkt, dass das Auge in Tätigkeit versetzt wird, wenn es Farbe betrachtet.

*Wenn das Auge die Farbe erblickt, so wird es gleich in Tätigkeit gesetzt, und es ist seiner Natur gemäß, auf der Stelle eine andre so unbewusst als notwendig hervorzubringen, welche mit der gegebenen die Totalität des ganzen Farbenkreises enthält. Eine einzelne Farbe erregt in dem Auge durch eine spezifische Empfindung das Streben nach Allgemeinheit.*  
Didaktischer Teil, §805 [2]

Hier kommt der Effekt der Forderung der Farben zu tragen. Das Auge sucht neben jeder farbigen Erscheinung einen farblosen Raum, um die geforderte Farbe hervorzubringen.

*(...) sieht derjenige, der bei einer mittleren Helle des Himmels auf Wiesen wandelt und nichts als Grün vor sich sieht, öfters die Baumstämme und Wege mit einem rötlichen Scheine leuchten. Bei Landschaftsmalern, besonders denjenigen, die mit Aquarellfarben arbeiten, kommt dieser Ton öfters vor. Wahrscheinlich sehen sie ihn in der Natur, ahmen ihn unbewusst nach, und ihre Arbeit wird als unnatürlich getadelt.*

Didaktischer Teil, §59 [2]

**Muro Torto vor der Porta del Popolo in Rom.** (Abb. 13.9)

Bleistift, Feder in Grau, aquarelliert, auf weißem Papier, 107 × 187mm



Abbildung 13.9: Muro Torto vor der Porta del Popolo in Rom

Mit der Beschäftigung der Landschaftsmalerei in Farbe erkennt Goethe den Eindruck den die Luftperspektive hinterlässt. Die entfernte Objekte erscheinen bläulich und kontrastschwach. [13]

**Vesuviusausbruch.** (Abb. 13.10)

Feder in Schwarz über Bleistiftspuren, Aquarell, auf weißem Papier, 158 × 196mm

Der Vesuviusausbruch gehört zu Goethes überzeugendsten farbigen Darstellungen. Goethe verwendet keine gedämpften Farben, sondern erreicht kräftige Farbwirkungen, indem er Rot- und Gelbtöne neben Schwarz stellt. Dunkelheit und Feuer sind die beherrschenden Elemente dieses Bildnis. Die Stadt ist in kubisch vereinfachter Form wiedergegeben und wird vom Feuerschein erleuchtet.

Phantasie und Realität werden übereinander gelegt und lassen ein Bild entstehen, das nach Goethes Vorstellung weniger die Wirklichkeit als die Wahrheit des eindrucksvollen Ereignisses wiedergibt.

[13]



Abbildung 13.10: Vesuvausbruch

## 14 Literatur und Kommunikation

Goethes dichterische Leistungen lassen sich nicht nur in seinem bekanntesten Werk "Faust" erkennen. Die Farbenlehre, von Goethe selbst als sein Hauptwerk betrachtet, bietet die Möglichkeit ihn als dichterischen Naturforscher darzustellen. In der Farbenlehre beschäftigt er sich unter anderem mit der Vermittlung über Sprache und Begriffe. Seine unzähligen Gedichte können dazu verwendet werden, seine dichterische und naturforschende Tätigkeit zu verbinden.

### 14.1 Sprache in der Farbenlehre

In der fünften Abteilung der nachbarlichen Verhältnisse betrachtet Goethe Sprache und Terminologie.

*Man bedenkt niemals genug, daß eine Sprache eigentlich nur symbolisch, nur bildlich sei und die Gegenstände niemals unmittelbar, sondern nur im Widerscheine ausdrücke. (...)*

Didaktischer Teil, §751 [2]

Goethe erwähnt die Schwierigkeiten über Erfahrungen zu sprechen. Ereignisse in der Natur sind immer in Bewegung und lassen sich nicht festhalten. Dennoch sollen sie beschrieben werden.

Die Sprache ist die einzige Möglichkeit zur Vermittlung und lässt viele Formen der Darstellung zu. Goethe erwähnt, dass sich die mathematische Sprache in vielen Fällen sehr bequem und glücklich anwenden lässt, ihr aber immer etwas Steifes und Ungelenkes anhaftet.

Goethe macht darauf aufmerksam, die Zeichen und Begriffe der Sprache nicht an die Stelle des Ereignisses an sich zu setzen.

*Jedoch wie schwer ist es, das Zeichen nicht an die Stelle der Sache zu setzen, das Wesen immer lebendig vor sich zu haben und es nicht durch das Wort zu töten. (...)*

Didaktischer Teil, §754 [2]

Erst wenn bewusst gemacht wird, dass Begriffe nur abgeschwächte Ausdrucksweisen von Erscheinungen sind, können die Begriffe für die Entwicklung neuer Erkenntnisse nützlich sein.

Goethe strebt nach vorurteilsfreier Wissenschaftlichkeit. Nach Exaktheit ohne Verwendung der mathematischen Sprache. Er bedient sich seiner dichterischen Fähigkeiten und kleidet den Text der Farbenlehre in Prosasprache. Seine Darstellungen sind weit entfernt von sachlicher Nüchternheit. Poetische Schilderungen treten besonders in seinen Lieblingsgedanken auf, die er in breiten Wiederholungen betont und in anderer Form wiedergibt. Der Rhythmus der Prosasprache steigert sich oft zu größerer Höhe, vorallem wenn er Newtons Ansichten kritisiert.

Gottfried Benn zählt in „Goethe und die Naturwissenschaften“ Äußerungen über die Sprache zur Farbenlehre auf: „*Die Darstellung ist klassisch, anschaulich, schön, wie ein Gedicht*“ und selbst Kritiker von Goethes Anschauung stellen die Farbenlehre als „*eine seiner bewundertsten Schriften*“ dar.

[6] [7]

## 14.2 Verse und Gedichte

Goethe übernimmt physikalische Gedanken und Tatsachen und stellt diese und deren Beschreibung in einer Vielzahl von Versen und Gedichten dar.

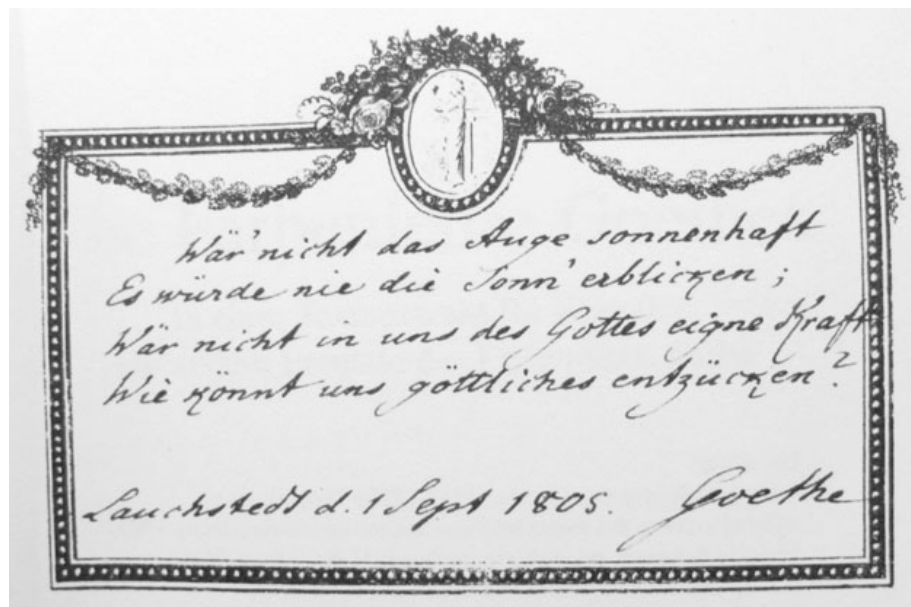


Abbildung 14.1: Original der eigenhändigen Niederschrift

Den Vers in Abbildung 14.1 kommentierte ein Kritiker mit der Persiflage: „(...) wäre nicht das Auge tintenhafte, wie könnten wir die Schrift erblicken (...)“ [6]

Im Gedicht „Gott, Gemüt und Welt“ aus der Sammlung „Sprüche in Reimen“ beschreibt



Goethe die Farberscheinungen in der Atmosphäre, welche durch die Trübe entstehen.

**Johann Wolfgang von Goethe**

Gott, Gemüt und Welt

*Verdoppelte sich der Sterne Schein,  
Das All wird ewig finster sein.*

*„Und was sich zwischen beide stellt?“  
Dein Auge, sowie die Körperwelt.*

*An der Finsternis zusammengeschwunden,  
Wird dein Auge vom Licht entbunden.*

*Schwarz und weiß, eine Totenschau,  
Vermischt ein niederträchtig Grau.*

*Will Licht einem Körper sich vermählen,  
Es wird den ganz durchsichtigen wählen.*

*Du aber halte dich mit Liebe  
An das Durchscheinende, das Trübe.*

*Denn steht das Trübste vor der Sonne,  
Da siehst die herrlichste Purpurwonne.*

*Und will das Licht sich dem Trübsten entwinden,  
So wird es glühend Rot entzünden.*

*Und wie das Trübe verdunstet und weicht,  
Das Rote zum hellsten Gelb erbleicht.*

*Ist endlich der Äther rein und klar,  
Ist das Licht weiß, wie es anfangs war.*

*Steht vor dem Finstern milchig Grau,  
Die Sonne bescheints, da wird es Blau.*

*Auf Bergen in der reinsten Höhe,  
Tief Rötlichblau ist Himmelsnähe.*

*Du staunest über die Königspracht,  
Und gleich ist sammetschwarz die Nacht.*

*Und so bleibt auch, in ewigem Frieden,  
Die Finsternis vom Licht geschieden.*

*Daß sie miteinander streiten können,  
Das ist eine bare Torheit zu nennen.*

*Sie streiten mit der Körperwelt,  
Die ewig sie auseinander hält.*

Kaum ein anderer Naturforscher wäre in der Lage, die Ergebnisse eigener Betrachtungen in dieser poetischen Gestalt darzustellen. Durchforst man Goethes Werke, können noch viele Gedichte, Sprüche und Verse gefunden werden, die auf seine intensive Forschungsarbeit hinweisen. [7]

Die Gedichte sollen anregen, sich mit Goethes wachsender Aufmerksamkeit, die er den Naturphänomenen widmet, auseinander zusetzen.

In seinen Gedichten findet man nicht nur die Beschreibung von Naturerscheinungen, sondern auch Anleitungen zu Versuchsaufbauten, welche er für seine Experimente anfertigte.

### 14.3 Naturforschung und Faust

Goethes bekanntestes Werk, die Tragödie „Faust“, beschäftigt sich mit dem Thema, als Wissenschaftler zu tiefer Einsicht und brauchbaren Ergebnissen zu gelangen. Die Hauptfigur ist der nach Erkenntnis strebende Wissenschaftler Dr. Faust.

Der Charakter stammt aus „Das Volksbuch von Dr. Faust“ um 1580. Dieser ist wahrscheinlich identisch mit dem *Magister Georgius Sabellicus, Faustus junior*, der gegen Ende des 15. Jahrhunderts im Raum Württemberg geboren wurde und um 1540 starb. Dieser nennt sich Doktor der Medizin, war Astrologe und Mathematiker und als wandernder Weltmensch bekannt. [65]

„Faust“ ist ein interessantes Thema zur Betrachtung wissenschaftlicher Entwicklung. Die Farbenlehre bietet die Möglichkeit, das Werk von der Seite des naturforschenden Dichters zu interpretieren.

*Zum Sehen geboren,  
Zum Schauen bestellt,  
Faust, Zweiter Teil, Fünfter Akt*

Mit diesen Worten fordert Goethe den Menschen zur aktiven Teilnahme an Beobachtungen in der Natur auf.

*Wie alles sich zum Ganzen webt,  
Eins in dem andern wirkt und lebt!*  
Faust, Erster Teil, Nacht

Goethe schafft mit seiner Faustgestalt den nach Einsicht suchenden Menschen, der die Natur als Einheit sieht. Sein höchstes Ideal einer Theorie ist es demnach, ein ganzheitliches Weltbild aus einem Prinzip, dem Urphänomen, abzuleiten.

Nach Heisenberg erkennt Goethe eine Gefahr in der Abstraktion der Naturwissenschaften. Mit ihr allein, kann der Mensch nur einen Teil der Wirklichkeit erfassen. Heisenberg veranschaulicht negative Konsequenzen der Erkenntnissuche in einer rein technischen Welt, nennt aber auch positive Entwicklungen die sich als Folge der Abstraktion zeigen. Diese lassen sich im Fortschritt der Medizin und der modernen Physik erkennen. [66]

## 14.4 Zeichnungen zu Faust

In einer Mappe mit eigenhändiger Aufschrift (Theaterzeichnungen) fasst Goethe Zeichnungen und Skizzenblätter zum Thema Faust zusammen. Es handelt sich hier nicht um Bühnenbildentwürfe, sondern um textbezogene Ideenskizzen, die mit der graphischen Gestaltung Anregungen für Theaterinszenierungen liefern.

**Erscheinung des Erdgeist.** (Abb. 14.2)

Bleistift, auf weißem Papier, 220 × 171mm



Abbildung 14.2: Erscheinung des Erdgeist

**Beschwörungsszene der Hexen bei Vollmond.** (Abb. 14.2)

Feder in Grau, grau laviert, auf weißem Papier, 295 × 485mm



Abbildung 14.3: Beschwörungsszene der Hexen bei Vollmond

Die graphischen Darstellungen von Goethe, zeigen eine Reihe von Hexenszenen. Die späteren Blätter stehen in Verbindung zu Szenen der Hexenküche und der Walpurgisnacht. [13]

# 15 Musik

In den Bereich zur Kunst, erwähne ich als letztes die Musik. Dabei werden verschiedene Möglichkeiten zur Herstellung von Verbindungen aufgezeigt, welche ein wichtiger Motivationsaspekt für jeden Unterricht sein sollen. Die Farbenlehre zeigt solch eine Verbindung in den nachbarlichen Verhältnissen. Mit meiner Arbeit weite ich die Verbindungsmöglichkeiten noch weiter aus und stelle die Verbindung zur graphischen Darstellung von Vorgängen her, in diesem Fall, einem sichtbar machen von Tönen. Die Verbindung zu Goethes Kontakt mit zeitgenössischen Persönlichkeiten soll den interdisziplinären Gedankenansatz veranschaulichen und als kurze Einführung für die Darstellung von Übergängen dienen.

## 15.1 Vergleich zur Tonlehre

Im diktatorischen Teil beschreibt Goethe in der fünften Abteilung „Nachbarliche Verhältnisse“ den Vergleich der Farbenlehre zur Tonlehre. Beides sind elementare Wirkungen, die sinnlich erfasst werden, doch ist ein direkter Vergleich nicht möglich. Goethe beschreibt die höhere Formel wie zwei Flüsse, die auf einem Berg entspringen und unter verschiedenen Bedingungen in zwei entgegengesetzte Richtungen laufen. Auf dem jeweiligen Wege kann keine einzelne Stelle mit der anderen verglichen werden. Dieser Vergleich der Wege gilt auch für die Gesetzmäßigkeiten von Farbe und Ton.

*Vergleichen lassen sich Farbe und Ton untereinander auf keine Weise, aber beide lassen sich auf eine höhere Formel beziehen, aus einer höhern Formel beide, jedoch jedes für sich, ableiten. Wie zwei Flüsse, die auf einem Berge entspringen, aber unter ganz verschiedenen Bedingungen in zwei ganz entgegengesetzte Weltgegenden laufen, so daß auf dem beiderseitigen ganzen Wege keine einzelne Stelle der andern verglichen werden kann, so sind auch Farbe und Ton. Beide sind allgemeine elementare Wirkungen nach dem allgemeinen Gesetz des Trennens und Zusammenstrebens, des Auf- und Abschwankens, des Hin- und Wiederwägens wirkend, doch nach ganz verschiedenen Seiten, auf verschiedene Weise, auf verschiedene Zwischenelemente, für verschiedene Sinne.*

Didaktischer Teil, §748 [2]

### Zusammenwirken der einzelnen Komponenten

Das Zusammenwirken von verschiedenen Farben wird ebenso wie das Zusammenwirken von verschiedenen Tönen mit unterschiedlichen Empfindungen wahrgenommen. Erklängen zwei unterschiedliche Töne, entsteht ein neues Klangempfinden, aber kein neuer

Ton. Diese Töne können harmonisch oder disharmonisch zusammentreffen. Anders bei den Farben (genauer Körperfarben), wo zum Beispiel aus Gelb und Blau die Farbe Grün entsteht, die eine andere Wirkung erzeugt als die beiden jeweiligen Einzelfarben.

*Aber eben darin läge die größte Schwierigkeit, die für uns gewordene positive, auf seltsamen empirischen, zufälligen, mathematischen, ästhetischen, genialischen Wegen entsprungene Musik zu Gunsten einer physikalischen Behandlung zu zerstören und in ihre ersten physischen Elemente aufzulösen. Vielleicht wäre auch hierzu auf dem Punkte, wo Wissenschaft und Kunst sich befinden, nach so manchen schönen Vorarbeiten Zeit und Gelegenheit.*

Didaktischer Teil, §750 [2]

### Begriffe aus der Musik für die Farbenlehre

*Wenn man das Wort Ton, oder vielmehr Tonart, auch noch künftig von der Musik borgen und bei der Farbengebung brauchen will, so wird es in einem bessern Sinne als bisher geschehen können.*

Didaktischer Teil, §889 [2]

*Man würde nicht mit Unrecht ein Bild von mächtigem Effekt mit einem musikalischen Stücke aus dem Durton, ein Gemälde von sanftem Effekt mit einem Stücke aus dem Mollton vergleichen; sowie man für die Modifikation dieser beiden Haupteffekte andre Vergleichen finden könnte.*

Didaktischer Teil, §890 [2]

Goethe beschreibt den Zusammenhang der physiologischen Wirkung, macht jedoch darauf aufmerksam, dass es keine gemeinsamen physikalischen Gesetzmäßigkeiten von Farben und Tönen gibt.

## 15.2 Graphische Darstellungen von Tönen

Goethe kennt die Versuche die Ernst Florens Friedrich Chladni (1756-1827) zur Darstellung von Tönen durchführt. Bei diesen Versuchen streut man Sand auf eine Metall- oder Glasplatte und setzt diese mit einem Geigenbogen in Schwingung. Hält man einen Stelle am Rand der Platte fest, so entstehen verschiedene Schwingungsmuster. [64]

Die Bleistiftzeichnung (Abb. 15.1) aus dem Jahr 1800 stellt Chladni bei der Demonstration der nach ihm benannten Klangfiguren dar, die er vor einer Gesellschaft des Fürsten von Thurn und Taxis in Regensburg präsentiert. In der Abbildung 15.2 sind die Schwingungslinien auf runden Platten sichtbar dargestellt.

Die Abbildung 15.3 zeigt einen Ausschnitt von einer Zeichnung, die Goethe mit Bleistift und Tinte zu den Chladnischen Klangfiguren anfertigt. In der linken oberen Ecke ist eine Skizze von Goethes Zwinge zu sehen, in die er eine Glasplatte einspannt und an

## 15.2 Graphische Darstellungen von Tönen



Abbildung 15.1: Chladnis  
Vorführung

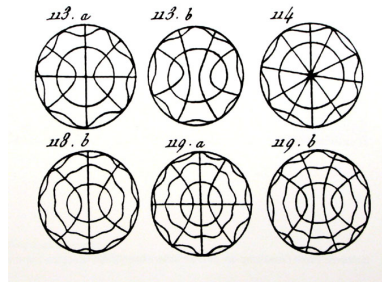


Abbildung 15.2: Schwingungsmuster  
nach Chladni

einem Tisch befestigt. Weiters sind verschiedene Bilder Chladnischer Klangmuster aufgezeigt.

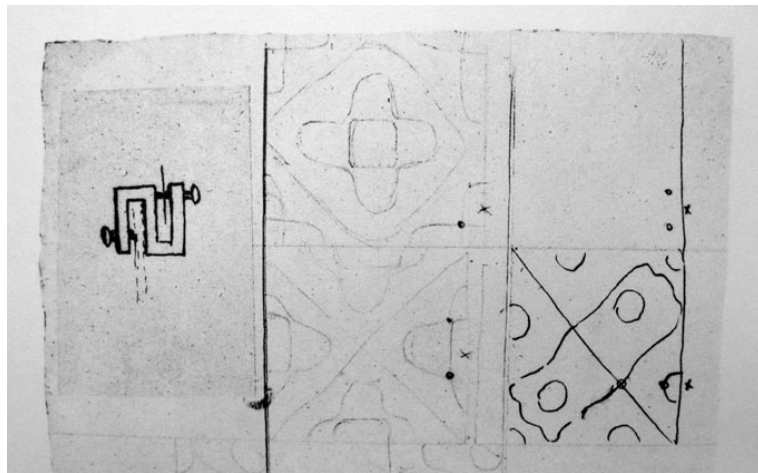


Abbildung 15.3: Goethes Zeichnungen zu den Chladnischen Klangfiguren



### Versuchsanleitung: Tonoskop

Schwingungsfiguren können am einfachsten gezeigt werden, wenn über die Öffnung eines breiten Glases (z.B. Gurkenglas) eine Kunststoffolie gespannt wird. Die Folie dient als Membran und wird mittels Gummiring oder mit einem Klebeband am Rand des Glases befestigt. Danach kann die Membran mit feinem Sand oder mit Kaffeepulver leicht bestreut werden. Der Versuchsaппarat ist fertig und wird auf eine ebene Fläche gestellt. Mit kräftiger Stimme beschallt man das Glas von der Seite. Die Membran beginnt zu schwingen und es stellen sich die unterschiedlichsten Klangfiguren ein.

Größere Klangmuster werden mit größeren Membranen erzeugt. Dem Bau eines Tonoskops sind dabei kaum Grenzen gesetzt, wichtig ist nur, dass die Membran in Schwingung versetzt wird. Dies kann über menschlicher Stimme genauso wie über Lautsprecher erfolgen. Die Abbildung zeigt das Entstehen solcher Klangfiguren auf einem aus Abwasserrohren gefertigten Tonoskop.



Abbildung 15.4: Tonoskop

### 15.3 Goethe trifft Beethoven

Mit Goethe lassen sich viele Persönlichkeiten in Verbindung bringen. Aus seinem Interesse zur Musik ergibt sich auch der Kontakt mit Ludwig van Beethoven (1770-1827). Die beiden stehen bereits vor dem Zusammentreffen in engem Briefkontakt und ehren gegenseitig ihre Leistungen. Beethoven vertont einige Gedichte von Goethe und verfasste die Ouvertüre „Egmont“ des gleichnamigen Trauerspiels. Im Sommer 1812 findet ein Treffen der beiden Künstler in Teplitz statt, welches hier nur kurz gestreift werden soll.

Nach dem Zusammentreffen beschreibt Goethe den Komponisten in einem Brief an seine Frau, mit den Worten:

*Zusammengeraffter, energischer, inniger habe ich noch keinen Künstler gesehen. Ich begreife recht gut, wie der gegen die Welt wunderlich stehen muß.*

Goethes Leben und Werk in Daten und Bildern [68]

Beethoven, der die dichterische Leistung von Goethe hoch schätzt, erwähnt in seinen Konversationsheften den Wunsch die Farbenlehre für einige Wochen zu leihen. Goethes Umgang am Hofe kritisiert der Komponist in einem Brief an Breitkopf & Härtel: „(...) Goethe behagt die Hofluft zu sehr, mehr als einem Dichter ziemt. Es ist nicht viel mehr über die Lächerlichkeiten der Virtuosen hier zu reden, wenn Dichter, die als die ersten Lehrer der Nation angesehen sein sollen, über diesem Schimmer alles andere vergessen können.“ [69]

Die Abbildung 15.5 zeigt eine Reproduktion einer Lithographie „Beethoven und Goethe in Teplitz“ gefertigt von Carl Röhling (1849-1922). Sie bildet das Zusammentreffen der beiden mit der kaiserlichen Familie ab.

Beethoven beschreibt das Zusammentreffen in einem Brief an Bettina v. Arnim (Teplitz, August 1812): „*Liebste, gute Freundin! Könige und Fürsten können wohl Professoren machen und Geheimräte und Titel und Ordensbänder umhängen, aber große Menschen können sie nicht machen, Geister, (...) - wenn so zwei zusammenkommen wie ich und der Goethe, da müssen die großen Herren merken, was bei unsereinem als groß gelten kann. Wir begegneten gestern auf dem Heimweg der ganzen kaiserlichen Familie, wir sahen sie von weitem kommen, und der Goethe machte sich von meinem Arme los, um sich an die Seite zu stellen, ich mochte sagen, was ich wollte, ich konnte ihn keinen Schritt weiter bringen, ich drückte meinen Hut auf den Kopf und knöpfte meinen Überrock zu und ging mit untergeschlagenen Armen mitten durch den dicken Haufen - Fürsten und Schranzen haben Spalier gemacht, der Erzherzog Rudolf hat den Hut abgezogen, die Frau Kaiserin hat begrüßt zuerst. - Die Herrschaften kennen mich. - Ich sah zu meinem wahren Spaß die Prozession an Goethe vorbeidefilieren - er stand mit abgezogenem Hut, tief gebückt, an der Seite. - Dann habe ich ihm all' seine Sünden vorgeworfen, (...)*“ [69]



Abbildung 15.5: Beethoven und Goethe in Teplitz



## 16 Anhang

### 16.1 Teilnahme an der „International Scientific Internet Conference“

Im Zuge der Diplomarbeit nahm ich im Oktober 2008 an der Veranstaltung „International Scientific Internet Conference“ an der „Mozyr State Pedagogical University (MSPU)“ in Weißrussland teil. Mein Artikel, *The Impact of Goethe's „Theory of Colours“ on science Education*, lieferte einen Beitrag im Bereich Schule „Innovative technologies in teaching mathematics, physics and computer science at highschools“.

Der Artikel stellt die Möglichkeit der Einbringung von Goethes Farbenlehre in den Unterricht dar und wurde von mehr als 40 Teilnehmern eingesehen. Die Organisation wird eine Zusammenstellung der Beiträge und Kommentare verfassen und an mich, vermutlich im Laufe des Jahres, weiterleiten.

Es folgt der eingereichte Artikel:

W. A. RESCH (Didactics of Physics, Vienna University, Austria)

## THE IMPACT OF GOETHE'S „THEORY OF COLOURS“ ON SCIENCE EDUCATION

*Goethe's „Theory of Colours“ made an important contribution to the exploration of the perception of colours. His main objective, however, was to propagate the scientific method that guided him to his theory to those who are interested in studying phenomena of nature. He invites to perform one's own experiments to train scientific observation and to improve perception. Subsequent precise description of these observations is a decisive cornerstone for gaining insight, for learning and memorization. Creativity plays an important role in science. From Goethe we can learn the benefit of thinking holistically, profiting from the cross-fertilization among disciplines such as psychology, philosophy, mathematics, medicine, biology, chemistry and physics, but also from the impact of literature and arts. New discoveries in different fields can be made if one dares to cross the narrow boundaries of one of them and ventures to step beyond. „Think holistically“ is Goethe's slogan for a „think globally“ in the world of scientific and cultural disciplines. He acts out his credo by taking the colour phenomenon as an example. With Goethe we might say that colour becomes an even more colourful phenomenon for us when we look at it from different directions, from different aspects of life and science. And from a more holistic understanding thus gained, we may let radiate back new ideas that might trigger progress in the specific disciplines.*

Johann Wolfgang Goethe's „Theory of Colours“ was published in 1810 and designated by him as his main work. It comprises three sections, a didactic, a polemic and a historical one. This essay will only deal with the didactic section from which I select some of Goethe's subjects. At first I will present with two examples the method of physics, namely how we proceed from observation to experiment, from hypotheses and recognition of interdependencies to the final result that is published.

A simple experiment to show the formation of colour can be made by filling a transparent container with turbid media (e.g. water with some drops of milk) and using a light source (e.g. a torch light). There are two principal observation possibilities. We may at first look directly in transmission through the container to the light source. Goethe notes: „... This light, however seen through an even only somewhat turbid medium appears to us yellow. If the turbidity of such a medium be increased or transmitted path through the medium become larger, we shall see the light gradually assume a yellow-red hue, which at last grows to a ruby colour.“(didactic section 150, [1]). Then we may look at the container, placed in front of a dark background, from the side and observe carefully the scattered light. Goethe remarks: „If on the other hand darkness is seen through a semi-transparent medium, which is itself illumined by a light striking on it, a blue colour appears that becomes lighter and paler as the turbidity of the medium increases, but on the contrary appears darker and deeper the more transparent the medium becomes until a most beautiful violet is presented to the eye just short before the limit of absolute

transparency is reached.“ (didactic section 151, [1]). The colour phenomena of sunrise and sunset as well as the blue sky are both simulated in this experiment.

The second experiment demonstrates the effect of coloured afterimages that appear after a coloured object is shortly but intensely gazed at. Goethe: „Let a small piece of bright-coloured paper or silken stuff be held before a moderately illuminated white surface; let the observer look steadfastly on the small coloured object, and let it be taken away after some time while his eyes remain unmoved; the spectrum of another colour will then be seen on the white plane. ...“ (didactic section 49, [1])

To get suitable results, look for 30 seconds on a coloured A4-paper (prefer red or green) in a distance about 1,5m. Close and open your eyes frequently to make out the effect and you will see the complementary colour.

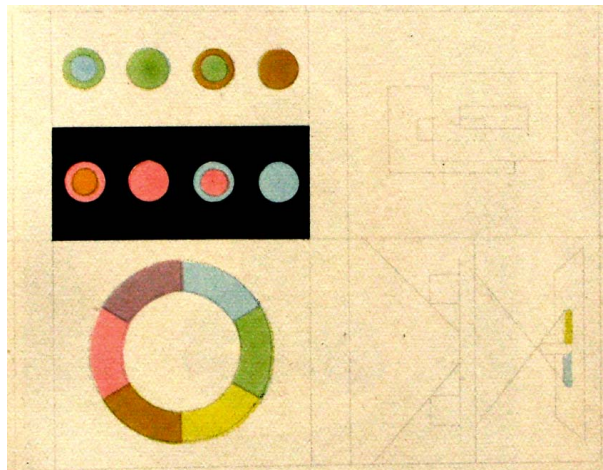


Abbildung 16.1: Goethe's drawing shows the development of his symmetric colour wheel and an experimental set-up to show coloured shadows [2]

The next point I would like to deal with is the psychological aspect of colours. Nowadays scientists are more than ever attributing moral associations with colours. „The colours on the positive side are yellow, red-yellow (orange), yellow-red (minium, cinnabar). The feelings they excite can be described by the terms alert, lively, and aspiring“ (didactic section 764, [1]). The attribute „positive“ refers here to the concept of a central dichotomy present in Goethe's view of the world.

For example I give here a colour combination that stimulates the emotion of sweetness in the sense of Goethe: „... Pale orange, pink, cream, and apricot are youthful colours, fun to use in clothing, patio and backyard furniture, sports gear, and even cosmetics. The colours here have a soft and powdery quality, but are also bright and cheerful.“ [3]



Abbildung 16.2: Two- und three colour combinations that cause emotions of sweetness [3]

Finally I will refer to a medical-biological aspect: Goethe resumed the already existing information on the effects of a coloured lighting of plants and he discovered different growth progresses. [4] E.g., the development of modern colour therapy and of photodynamic therapy, which is used in dermatology, can be traced back to Goethe's work. In photo-chemotherapy LEDs and lasers are used today in light cabins to irradiate large areas of the skin. This field is still in progress and seems to be a good alternative to conventional chemotherapy. [5]

#### LITERATURE

- J. W. Goethe, Theory of Colours, Introduction by Deane B. Judd, 1970  
Corpus der Goethezeichnungen, Band V, Leipzig, 1963  
Kobayashi, A Book Of Colors, Kodansha, 1987  
J. W. Goethe, Zur Farbenlehre, Münchner Ausgabe, 1989  
Deutsches Ärzteblatt 96, Heft 22, 4. Juni 1999



## 16.2 Kurzzusammenfassung

Im ersten Kapitell wird die Wichtigkeit der Darstellung von Zusammenhängen einzelner Sachverhalte, durch Vernetzung und Verbindung verschiedener Bereiche der Wissenschaften aufgezeigt.

Danach wird Goethe als Naturforscher vorgestellt und seine wissenschaftliche Arbeitsmethode im Bezug zur Farbenlehre beleuchtet.

Weiters ist der Aufbau und die Entwicklung der Farbenlehre und der zugehörigen Tafeln beschrieben.

Im siebenten Kapitel werden Farbordnungssysteme von der Antike bis zu Goethes Farbenkreises aufgeführt. Der von mir entwickelte Farbfächerkreis stellt eine Zuordnung einzelner Fachdisziplinen dar und zeigt ein Ineinandergreifen verschiedener Wissenschaften.

Anschließend werden für die Fächer Physik, Philosophie, Psychologie, Biologie und Chemie Anregungen für eigenständiges Experimentieren, sowie Beobachtungs- und Diskussionsmöglichkeiten vorgestellt.

Den Abschluss bilden die Kapitel über bildnerische Kunst, Literatur und Kommunikation, sowie Musik und stellen eine Verbindung der Farbenlehre zur Kunst im Allgemeinen her.

## 16.3 Lebenslauf

### Persönliche Taten:

Name: Wolfgang Alexander Resch  
Geburtsdatum: 18.04.1973  
Geburtsort: Wien  
Staatsbürgerschaft: Österreich

### Ausbildung:

09/1979 - 06/1983 Volksschule, Karl Löwe Gasse 20, 1120 Wien  
09/1983 - 06/1987 Gymnasium, Rosasgasse 1-3, 1120 Wien  
09/1987 - 06/1992 HTL, Ettenreichgasse 54, 1100 Wien  
Ausbildungszeit: Nachrichtentechnik,  
Matura: 15.06.1992  
10/1992 - 09/1993 Präsenzdienst: Einjährig Freiwillig  
Ausbildung zum Milizoffizier im Fernmeldebetrieb  
10/1993 Beginn: Studium Physik/Mathematik Lehramt  
an der Universität Wien  
10/2002 - 09/2004 Brandschutzausbildung (10/2002 - 02/2003),  
Ausbildung zur Sicherheitsvertrauensperson (03/2003 - 09/2003),  
Strahlenschutz Ausbildung (10/2003 - 02/2004) und  
Zivilschutzausbildung (03/2004 - 09/2004)  
an der pädagogischen Akademie des Bundes in Wien,  
Ettenreichgasse 45a, 1100 Wien  
04/2003 Waldorfpädagogische Ausbildung  
an der Freien Waldorfschule Kassel,  
Hunrodstraße 17, D-34131 Kassel  
10/2005 - 11/2005 Weiterbildung zu: Transparent Beurteilen,  
Naturwissenschaftliches Labor,  
Pädagogisches Institut der Stadt Wien,  
Burgasse 14-16, 1070 Wien  
27.10-31.10.2008 Beitrag zur:  
Internationalen wissenschaftlichen Internet Konferenz  
*„Innovative technologies for training of physical and  
mathematical disciplines“*,  
an der Staatliche Pädagogische Universität Mosyr, Weißrussland,  
mit dem Artikel:  
*The Impact of Goethe's „Theory of Colours“ on  
science Education*  
03/2009 voraussichtlicher Abschluss des Studiums

**Berufliche Tätigkeit:**

10/1996 - 09/1998	Stellvertretender Vorsitzender der Studienrichtungsvertretung Physik
10/1998 - 09/2000	Vorsitzender der Studienrichtungsvertretung Mathematik
Ab 09/1999	Obmann des Experimentier Quartiers, Verein zur Förderung des experimentellen Arbeitens im naturwissenschaftlichen Bereich
10/1999 - 06/2004	Tutor im Zentrum für schulpraktische Ausbildung
11/1999 - 06/2006	Fachlehrer für Physik, Mathematik und Informatik im ORG Rudolf Steiner, Auhofstraße 78e-f, 1130 Wien



# Abbildungsverzeichnis

2.1	Modell: Kern und Schale: eigene Graphik . . . . .	14
2.2	Verbindungsdreieck: eigene Graphik . . . . .	17
5.1	Additive und subtraktive Farbmischung: eigene Graphik . . . . .	34
5.2	Traditionelle Grundfarben der Farbmischung: eigene Graphik . . . . .	35
6.1	Tafel I [2] . . . . .	39
6.2	Tafel III [2] . . . . .	40
6.3	Tafel mit Drehgestell [8] . . . . .	40
6.4	Tafel XIII [2] . . . . .	42
6.5	Tafel XV [2] . . . . .	43
6.6	Wasserprisma mit Schablone [8] . . . . .	44
6.7	Tafel XVI [2] . . . . .	46
6.8	Skizze zu den farbigen Schatten [14] . . . . .	47
6.9	Originalentwurf zur Brechung [14] . . . . .	47
6.10	Erster Bogen [14] . . . . .	48
6.11	Zweiter Bogen [14] . . . . .	48
7.1	Zweidimensionale Farbordnung von Robert Grosseteste [23] . . . . .	51
7.2	Lineare Farbordnung von Leonardo da Vinci [24] . . . . .	51
7.3	Farbanordnung nach Franciscus Aguilonius [21] . . . . .	53
7.4	Erster Farbenkreis von Robert Fludd [25] . . . . .	54
7.5	Farbanordnung in einem Quadrat von Richard Waller [21] . . . . .	54
7.6	Farbenkreis von Isaak Newton [21] . . . . .	55
7.7	Erster farbig dargestellter Farbkreis von Claude Boutet [27] . . . . .	57
7.8	Farbenkreis mit Übergänge von Moses Harris [21] . . . . .	58
7.9	Dreidimensionale Farbordnung von Johann H. Lambert [21] . . . . .	59
7.10	Doppelpyramide von Tobias Mayer [21] . . . . .	60
7.11	Dreieick als Ausgangssystem [28] . . . . .	61
7.12	Räumliche Darstellung von Runges Modell [28] . . . . .	61
7.13	Farbkugel von Philipp O. Runge [28] . . . . .	62
7.14	Farbenkreis von Goethe [13] . . . . .	63
7.15	Farbenkreis von Goethe mit 12 Abstufungen [14] . . . . .	66
7.16	Fächerfarbkreis: eigene Graphik . . . . .	68
8.1	Goethes Auge, Prisma und der Regenbogen [14] . . . . .	72
8.2	Streifen gleicher Breite: eigene Graphik . . . . .	73

8.3	Kontrast dreier Graustufen: eigene Graphik . . . . .	75
8.4	Kontrast im Helligkeitsverlauf: eigene Graphik . . . . .	76
8.5	Farbfläche für den Sukzessivkontrast: eigene Graphik . . . . .	77
8.6	Grüner und Roter Schatten: eigenes Bild . . . . .	79
10.1	Entwurf zur Hamonielehre [8] . . . . .	91
10.2	Frisch [35] . . . . .	93
10.3	Süß [35] . . . . .	93
10.4	Idyllisch [35] . . . . .	94
10.5	Dynamisch [35] . . . . .	94
10.6	Resolut [35] . . . . .	95
10.7	Luxuriös [35] . . . . .	95
10.8	Farbsehen bei Ziffern: eigene Graphik . . . . .	99
10.9	Versuchtext zur Farbbenennung: eigene Graphik . . . . .	102
10.10	Graustufen: Hell - Mittel - Dunkel: eigene Graphik . . . . .	102
10.11	Versuchtext zur Benennung der Graustufen: eigene Graphik . . . . .	102
10.12	Balance-Flaschen [43] . . . . .	104
11.1	Der Aufbau des Auges: eigene Graphik . . . . .	106
11.2	Figur zur Beobachtung des blinden Flecks: nach Helmholtz [17] . . . . .	107
11.3	Aufbau der Netzhaut: eigene Graphik . . . . .	107
11.4	Gefärbte Machbänder: eigene Graphik . . . . .	108
11.5	Gefärbte Machbänder: eigene Graphik . . . . .	109
11.6	Sensitivität der Zapfen und Stäbchen [46] . . . . .	110
11.7	Farbordnung in der Ebene [17] . . . . .	114
11.8	Farbtafel zur Feststellung einer Rot/Grün-Sehschwäche [50] . . . . .	116
11.9	PAQ-Verlauf der fünf Gruppen [54] . . . . .	119
12.1	Pettenkofers „System der Elemente“ [61] . . . . .	128
13.1	Erinnerung an Drakendorf bei Jena [13] . . . . .	134
13.2	Villa Medici in Rom, von der Spanischen Treppe gesehen [13] . . . . .	135
13.3	Ideallandschaft mit Tempelruine und Vulkanischem Bergkegel [13] . . . . .	136
13.4	Kreisschema des Farbenkreises [12] . . . . .	137
13.5	Mischtöne durch Lasurtechnik [67] . . . . .	138
13.6	Farbe mit Wasser aufgehellt: eigenes Bild . . . . .	139
13.7	Farbe mit Milch aufgehellt: eigenes Bild . . . . .	139
13.8	Farbtongleiches Dreieck [63] . . . . .	140
13.9	Muro Torto vor der Porta del Popolo in Rom [13] . . . . .	141
13.10	Vesuvausbruch [13] . . . . .	142
14.1	Original der eigenhändigen Niederschrift [11] . . . . .	144
14.2	Erscheinung des Erdgeist [13] . . . . .	147
14.3	Beschwörungsszene der Hexen bei Vollmond [13] . . . . .	148

15.1 Chladnis Vorführung [64] . . . . .	151
15.2 Schwingungsmuster nach Chladni [67] . . . . .	151
15.3 Goethes Zeichnungen zu den Chladnischen Klangfiguren [14] . . . . .	152
15.4 Tonoskop: eigenes Bild . . . . .	153
15.5 Beethoven und Goethe in Teplitz [70] . . . . .	155
16.1 Erste Abbildung zur Internet Konferenz in Mozyr [14] . . . . .	159
16.2 Zweite Abbildung zur Internet Konferenz in Mozyr: eigene Graphik . . . .	160





# Literaturverzeichnis

- [1] Fritjof Capra, Das Tao der Physik, O.W.Barth, 2005 Frankfurt am Main
- [2] Johann Wolfgang Goethe, Zur Farbenlehre, Peter Schmidt (Hrsg.), Sämtliche Werke, Bd. 10, Carl Hanser Verlag, 1989 München
- [3] Jit-Singh beroi, Der andere Geist Europas, Verlag Die Pforte, 1999 Dornach
- [4] Gerhard Ott/Heinrich O. Proskauer (Hrsg.), Farbenlehre, Vorarbeiten und Nachträge zur Farbenlehre, Bd. 1, Verlag Freies Geistesleben, 2003 Stuttgart
- [5] Gerhard Ott/Heinrich O. Proskauer (Hrsg.), Farbenlehre, Vorarbeiten und Nachträge zur Farbenlehre, Bd. 2, Verlag Freies Geistesleben, 2003 Stuttgart
- [6] Gottfried Benn, Goethe und die Naturwissenschaft, Die Arche, 1961 Zürich
- [7] Martin Gebhardt, Goethe als Physiker, G. Grote Verlag, 1932 Berlin
- [8] Johann Wolfgang Goethe, Die Schriften zur Naturwissenschaft, Band 3, 2. Abt., Rupprecht Matthaei und Dorothea Kuhn (Hrsg.), Hermann Böhlaus Nachfolger, 1961 Weimar
- [9] Holger Helbig, Naturgemäße Ordnung - Darstellung und Methode in Goethes Lehre von den Farben, Böhlau Verlag, 2004 Köln
- [10] Wilhelm Ostwald, Farbkunde, S. Hirzel, 1923 Leipzig
- [11] Yvonne Schwarzer (Hrsg.), Die Farbenlehre Goethes, 2004 Witten
- [12] Rupprecht Matthaei, Versuche zu Goethes Farbenlehre mit einfachen Mitteln, Verlag von Gustav Fischer , 1939 Jena
- [13] Petra Maisak, Johann Wolfgang Goethe Zeichnungen, Reclam, 2001 Stuttgart
- [14] Johann Wolfgang Goethe, Rupprecht Matthaei (Bearb.), Corpus der Goethezeichnungen, VEB E.A.Seemann Buch- und Kunstverlag, 1963 Leipzig
- [15] Gerhard Ott/Heinrich O. Proskauer (Hrsg.), Farbenlehre, Historischer Teil 1, Bd. 4, Verlag Freies Geistesleben, 2003 Stuttgart
- [16] Wolfgang Speyer, Religionsgeschichtliche Studien, Georg Olms Verlag, 1994 Salzburg

- [17] Hermann von Helmholtz, Jochen Brüning (Hrsg.), Handbuch der Physiologischen Optik, Zweiter Band, Georg Olm Verlag, 2003 Hildesheim
- [18] <http://lexikon.meyers.de/wissen/HSB-Farben>, 14.02.2009
- [19] <http://lexikon.meyers.de/wissen/RGB-Farbmodell>, 14.02.2009
- [20] <http://lexikon.meyers.de/wissen/CMYK-Farben>, 14.02.2009
- [21] Harald Küppers, Schnellkurs Farbenlehre, DuMont, 2005 Köln
- [22] <http://www.colorsystm.com/>; 04.01.2009
- [23] <http://www.colorsystm.com/projekte/Grafik/02GRO/xgro02.htm>, 04.01.2009
- [24] <http://www.colorsystm.com/projekte/Grafik/02GRO/xgro04.htm>, 04.01.2009
- [25] <http://www.colorsystm.com/projekte/Grafik/05flu/xflu01.htm>, 04.01.2009
- [26] Isaak Newton, Optik oder Abhandlung über Spiegelungen, Brechungen, Beugungen und Farben des Lichts, Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Band 96/97, Verlag Harri Deutsch, 2001, Frankfurt am Main
- [27] <http://www.webexhibits.org/colorart/bh.html>, 04.01.2009
- [28] Philipp Otto Runge, Die Farbenkugel, Verlag Freies Geistesleben, 1959 Stuttgart
- [29] Helmut Seul, Das Farbenrhomboider als Erweiterung des Goetheschen Farbenkreises, Pädagogische Forschungsstelle, 2004 Stuttgart
- [30] Thomas Hammer, Philosophie, Wilhelm Heyne Verlag, 1995 München
- [31] Ueli Seiler-Hugova, Farben sehen erleben verstehen, AT Verlag, 2007 Aarau
- [32] <http://www.farben-welten.de/farben-welten/texte-zur-farbenlehre-goethes/joachim-bramsch.html>; 30.01.2009
- [33] Carl Friedrich von Weizsäcker, Große Physiker, Marix Verlag, 2004 Wiesbaden
- [34] Eva Heller, Wie Farben auf Gefühl und Verstand wirken, Droemer, 2000 München
- [35] Shigenobu Kobayashi, A Book of Colors, Kodansha, 1987 Tokyo
- [36] Karl Lahmer, Kernbereiche der Psychologie, E. Dorner, 2006 Wien
- [37] Eckhard Freuwört, Vernetzte Sinne, Books on Demand, 2004 Norderstedt
- [38] <http://www.synaesthese.org/2synaesthesia/Lexikon>; 04.01.2009
- [39] [http://de.encarta.msn.com/encyclopedia\\_721528145/Limbisches\\_System.html](http://de.encarta.msn.com/encyclopedia_721528145/Limbisches_System.html); 04.01.2009

- [40] [http://www.farbimpulse.de/fi/live/artikel/index.php3?k\\_id=1047&a\\_id=317](http://www.farbimpulse.de/fi/live/artikel/index.php3?k_id=1047&a_id=317);  
04.01.2009
- [41] Hellmuth Benesch, dtv-Atlas Psychologie, Band 1, Deutscher Taschenbuch Verlag,  
6. Auflage, 1997 München
- [42] Curdula Bruch, Die große Enzyklopädie Naturheilkunde, DuMont, 2002 Köln
- [43] Stephanie Norris, Farbtherapie, Taschen, 2006 Köln
- [44] Richard P. Feynman, Vorlesungen über Physik, Band I, R. Oldenburg Verlag, 1991  
München
- [45] Al Seckel, Optische Illusionen, Premio Verlag, 2008 Münster
- [46] <http://www.sinnesphysiologie.de/hvsinne/auge/rodcone.htm>; 04.01.2009
- [47] <http://stbchen.de.infofx.net/de/Rhodopsin>; 04.01.2009
- [48] <http://www.sinnesphysiologie.de/hvsinne/auge/zopf.htm>; 04.01.2009
- [49] Fachlexikon ABC Physik, Band 1, Verlag Harri Deutsch, 1989 Frankfurt
- [50] Fachlexikon ABC Physik, Band 2, Verlag Harri Deutsch, 1989 Frankfurt
- [51] <http://www.zoologie-skript.de/hvsinne/auge/>; 04.01.2009
- [52] <http://stbchen.de.infofx.net/>; 04.01.2009
- [53] <http://stbchen.de.infofx.net/de/Farbenfehlsichtigkeit>; 04.01.2009
- [54] [http://www.digipharm.de/01/07\\_Articles/07\\_Chronomedicine/0712\\_chronomedicine\\_puls\\_breath\\_frequ](http://www.digipharm.de/01/07_Articles/07_Chronomedicine/0712_chronomedicine_puls_breath_frequ)  
04.01.2009
- [55] Gunther Hildebrandt, Therapie Woche 27, Verlag G. Braun, Sonderdruck, 1977  
Karlsruhe
- [56] Karl Kratky, Komplementäre Medizinsysteme, Ibero, 2003 Wien
- [57] <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/d32/32b.htm>; 04.01.2009
- [58] Peter Wolf, Deutsches Ärzteblatt 96, Heft 22, 1999
- [59] [http://www.netdokter.at/health\\_center/melanom/photodynamische\\_therapie.htm](http://www.netdokter.at/health_center/melanom/photodynamische_therapie.htm);  
04.01.2009
- [60] Georg Schwedt, Goethe als Chemiker, Springer, 1998 Berlin
- [61] <http://www.seilnacht.com/Lexikon/psgesch.htm>; 04.01.2009
- [62] [http://de.encarta.msn.com/encyclopedia\\_761553586/Periodensystem.html#p2](http://de.encarta.msn.com/encyclopedia_761553586/Periodensystem.html#p2);  
04.01.2009

- [63] Harald Küppers, Farbe verstehen und beherrschen, DuMont, 2004 Köln
- [64] Otto Krätz, Goethe und die Naturwissenschaften, Callwey, 1998 München
- [65] [http://www.hs-augsburg.de/~harsch/germanica/Chronologie/16Jh/Faustus/fau\\_intr.html](http://www.hs-augsburg.de/~harsch/germanica/Chronologie/16Jh/Faustus/fau_intr.html);  
04.01.2009
- [66] Maren Partenheimer, Goethes Tragweite in der Naturwissenschaft, Dunkcker & Humbolt, 1989 Berlin
- [67] Hans Gekeler, Handbuch der Farbe, DuMont, 2005 Köln
- [68] Bernhard Gajek, Franz Götting, Jörn Göres, Goethes Leben und Werk in Daten und Bildern, Insel Verlag, 1966 Frankfurt am Main
- [69] Ludwig van Beethoven, Beethovens Biefe, Emerich Kastner (Hrsg.), Hesse & Becker Verlag, 1923 Leipzig
- [70] Univeritätsbibliothek Frankfurth, Bockenheimer Landstraße 134-138, D-60325 Frankfurth a. M.